

高等职业教育教学改革示范教材·自动化类专业规划教材系列

可编程序控制器应用实训 (三菱机型)

苏家健 顾 阳 主编

周政新 主审

電子工業出版社·

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书依据高等职业院校工业生产自动化专业高技能型人才培养要求以及高职的教学要求和办学特点,采用“项目导向、任务驱动”的编写方法,介绍了FX_{2N}可编程序控制器的应用实训。

本教材的内容包含以下几个方面:第一,通过对基本指令、步进顺序控制指令和功能指令的学习和实训,学会编制各种应用程序;第二,通过对PLC的基本功能模块的学习和实训,学会使用PLC功能模块;第三,通过生产流水线的PLC应用工程设计,使学生对PLC工程应用有一个基本的了解;第四,通过综合维修电工职业技能的中级、高级、技师培训实训,使学生的职业技术水平有所提升。

本教材可作为高等职业教育工业生产自动化、机电一体化、机械工程与自动化、电气自动化、工业企业自动化等相关专业高技能型人才培养的实训教材,也可作为工程技术人员和技术工人职业培训的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器应用实训:三菱机型/苏家健,顾阳主编. —北京:电子工业出版社,2009.1

(高等职业教育教学改革示范教材·自动化类专业规划教材系列)

ISBN 978-7-121-07593-3

I. 可… II. ①苏…②顾… III. 可编程序控制器—高等学校:技术学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第164995号

策划编辑:王昭松

责任编辑:王昭松

印 刷:

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:12.5 字数:320千字

印 次:2009年1月第1次印刷

印 数:4000册 定价:20.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

为贯彻落实《高技能人才培养体系建设“十一五”规划纲要》和国家对高等职业教育发展的要求,坚持以就业为导向的职业教育办学方针,推进高等职业技术学院课程和教材的改革,特编写《可程序控制器应用实训》(三菱机型)教材。

本教材以 FX_{2N} 型 PLC 为蓝本,根据高等职业教育的特点,由浅入深,从经验法编程、步进控制 and 功能指令的实际应用出发,结合维修电工考证中的 PLC 训练实例,逐步向读者讲解 PLC 实际应用和职业技能培训知识。

本书的主要特点如下:

(1) 从职业需求分析和职业技能培训要求出发精选教材内容,切实落实够用、适用的教学指导思想。

(2) 以技能训练为主体,以相关知识为支撑,较好地处理理论教学与技能训练的关系。

(3) 教材编写中采用项目导向、任务驱动的编写方法,主题鲜明,重点突出。

(4) 所举的实例较多,有利于读者模仿。

本书共有 12 个项目,由上海第二工业大学苏家健和顾阳主编。其中,项目 3、项目 4、项目 5、项目 6、项目 7、项目 12 由苏家健编写;项目 1、项目 2、项目 8、项目 9、项目 10、项目 11 由顾阳编写,全书由周政新教授担任主审。

本书可作为高等职业教育工业生产自动化、机电一体化、机械工程与自动化、电气自动化、工业企业自动化等相关专业高技能型人才培养的实训教材,也可供工程技术人员和技术人员职业培训参考使用。

本书在编写过程中,得到了电子工业出版社的大力支持,同时参考了参考文献中所列资料的有关内容,在此一并表示感谢。

由于编者的水平有限,在编写过程中难免存在错误和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者
2008 年 8 月

目 录

项目 1 PLC 基础	(1)
任务 1 可编程控制器的构成及工作原理	(1)
知识链接 1 可编程控制器的硬件组成	(1)
知识链接 2 可编程控制器的软件组成	(3)
知识链接 3 可编程控制器的工作原理	(4)
任务 2 FX _{2N} 系列 PLC 机器硬件认识及使用	(5)
任务 3 编程器与编程软件的功能及使用	(10)
知识链接 1 三菱 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件简介	(10)
知识链接 2 三菱 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件的使用——程序的创建、保存	(10)
知识链接 3 三菱 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件的使用——程序的输入、编辑	(12)
项目 2 基本逻辑指令及定时器、计数器基础	(14)
任务 1 基本指令的使用	(14)
知识链接 1 FX _{2N} 系列可编程控制器主要编程元件	(14)
知识链接 2 基本指令	(15)
知识链接 3 定时器与计数器	(22)
任务 2 定时器和计数器实训	(24)
任务 3 三相异步电动机的正反转控制	(27)
任务 4 三电机的循环启停运转控制设计	(28)
任务 5 十字路口交通灯控制	(29)
任务 6 三相鼠笼式异步电动机星/三角形换接启动控制	(31)
任务 7 装配流水线的模拟控制	(33)
任务 8 自动配料系统的模拟控制	(34)
任务 9 轧钢机控制系统的模拟	(37)
任务 10 邮件分拣系统模拟	(39)
项目 3 中级维修电工 PLC 实训	(42)
任务 1 用 PLC 控制水塔水位自动运行电路系统	(42)
任务 2 用 PLC 控制三彩灯闪烁电路	(43)
任务 3 用 PLC 控制传输带电机的运行系统	(45)
任务 4 用 PLC 控制智力竞赛抢答装置	(46)
任务 5 用 PLC 控制加热炉自动上料装置	(48)
任务 6 用 PLC 控制钻孔动力头电路	(50)
任务 7 用 PLC 控制仓库门自动开闭控制电路	(51)
任务 8 用 PLC 控制三相异步电机 Y-△启动主电路系统	(52)
任务 9 用 PLC 控制三相异步电机 Y-△启动继电器控制电路系统	(54)
任务 10 用 PLC 控制装料小车的自动控制系统	(55)

项目 4 步进指令控制..... (57)

 任务 1 单流程步进指令..... (57)

 知识链接 单流程步进指令及应用..... (57)

 任务 2 全自动洗衣机的控制系统..... (61)

项目 5 维修电工高级实训..... (64)

 任务 1 配料小车的 PLC 控制..... (64)

 任务 2 混料罐的 PLC 控制..... (69)

 任务 3 机械手的 PLC 控制..... (73)

 任务 4 PLC 控制机械滑台..... (77)

 任务 5 PLC 控制红绿灯信号..... (81)

项目 6 多流程步进指令控制..... (87)

 任务 1 多分支状态转移图的处理..... (87)

 知识链接 1 多分支状态转移图..... (87)

 知识链接 2 选择性分支状态转移图的编程实训指导..... (89)

 知识链接 3 并联性分支状态转移图的编程实训指导..... (89)

 任务 2 三台电机的循环启停运转控制设计..... (89)

 任务 3 双门通道的自动控制..... (90)

 任务 4 化工生产的液体混合控制..... (92)

 任务 5 PLC 控制双工作台工作..... (95)

 任务 6 半自动钻孔工作站的顺序控制..... (98)

 任务 7 输送带自动控制系统..... (99)

 任务 8 化工加热反应釜控制..... (101)

项目 7 维修电工技师实训..... (102)

 任务 1 用 PLC 控制反应炉的动作..... (102)

 任务 2 用 PLC 控制拣球的动作..... (104)

 任务 3 用 PLC 控制污水处理过程..... (105)

 任务 4 用 PLC 控制自动喷漆过程..... (107)

 任务 5 用 PLC 控制喷水池的动作..... (109)

 任务 6 输送带控制..... (112)

 任务 7 用 PLC 控制运料小车的动作..... (113)

 任务 8 用 PLC 控制机械手进行拣瓶工作..... (115)

 任务 9 用 PLC 控制装箱计数流水线工作..... (117)

 任务 10 用 PLC 控制压模流水线工作..... (118)

项目 8 FX_{2N} 功能指令基础..... (121)

 任务 1 功能指令应用基础..... (121)

 知识链接 功能指令的概述..... (121)

 任务 2 用 PLC 功能指令实现电动机的 Y-Δ启动控制..... (127)

 任务 3 用 PLC 实现闪光信号灯的闪光频率控制..... (128)

 任务 4 用 PLC 控制密码锁..... (129)

 任务 5 简易定时、报时器..... (130)

任务 6 外置计数器	(131)
项目 9 数据处理指令应用与实训	(133)
任务 1 数据处理指令	(133)
知识链接 数据处理指令简介	(133)
任务 2 彩灯控制电路	(141)
任务 3 流水灯光控制	(141)
任务 4 步进电动机控制	(143)
任务 5 用单按钮实现五台电动机的启停控制	(145)
项目 10 程序控制类应用指令与实训	(147)
任务 1 程序控制类指令及应用基础	(147)
知识链接 程序控制类指令	(147)
任务 2 求数组脉冲的最大值	(151)
任务 3 用 PLC 控制台车的呼叫系统	(151)
任务 4 广告牌边框饰灯控制	(154)
项目 11 功能模块实训	(156)
任务 1 特殊功能模块的类型及使用	(156)
知识链接 1 FX 系列 PLC 特殊功能模块的类型	(156)
知识链接 2 FX _{2N} 系列 PLC 特殊功能模块的安装及使用	(156)
任务 2 模拟量输入模块 FX _{2N} -4AD 实训	(158)
任务 3 模拟量输出模块 FX _{2N} -2DA 实训	(162)
任务 4 铂电阻输入模块 FX _{2N} -4AD-PT 实训	(164)
任务 5 高速计数模块 FX _{2N} -1HC 的应用	(168)
项目 12 可编程控制器课程设计实训	(171)
任务 1 了解可编程控制器课程设计	(171)
知识链接 1 可编程控制器课程设计总体要求	(171)
知识链接 2 可编程控制器课程设计选题	(173)
任务 2 长度判别和端面加工单元	(174)
任务 3 翻转和外圆加工单元	(175)
任务 4 加料机械手单元	(176)
任务 5 钻孔、镗孔、倒角单元	(177)
任务 6 表面清洗、化学处理单元	(178)
任务 7 零件排列、装箱单元	(179)
任务 8 全线节拍控制单元	(181)
附录 A	(182)
参考文献	(190)

项目 1 PLC基础

任务 1 可编程控制器的构成及工作原理

知识链接 1 可编程控制器的硬件组成

PLC 硬件结构主要由中央处理器（CPU）、存储器（RAM，ROM）、输入/输出接口（I/O 接口）、电源及编程设备几大部分组成。PLC 的硬件结构框图如图 1.1 所示。

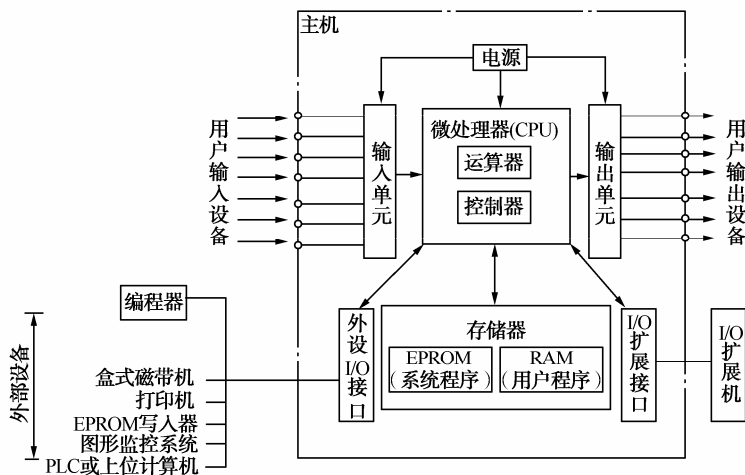


图 1.1 PLC 的硬件结构框图

1. 中央处理器（CPU）

中央处理器是可编程控制器的核心，它在系统程序的控制下，完成逻辑运算、数学运算、协调系统内部各部分工作等任务。可编程控制器中采用的 CPU 一般有三类，一类为通用微处理器，如 80286、80386 等；一类为单片机芯片，如 8031、8096 等；另外还有位处理器，如 AMD2900、AMD2903 等。一般来说，可编程控制器的档次越高，CPU 的位数也越多，运算速度也越快，指令功能也越强。现在常见的可编程控制器多为 8 位或者 16 位机。

2. 存储器

存储器是可编程控制器存放系统程序、用户程序及运算数据的单元。和一般计算机一样，可编程控制器的存储器有只读存储器（ROM）和随机读写存储器（RAM）两大类。

可编程控制器的存储器区域按用途不同，可分为程序区和数据区。程序区为用来存放用户程序的区域，一般有数千个字节。用来存放用户数据的区域一般要小一些。在数据区中，各类数据存放的位置都有严格的划分。由于可编程控制器是为熟悉继电接触器系统的工程技术人员使用的，可编程控制器的数据单元都叫做继电器，如输入继电器、定时器、计数器等。

不同用途的继电器在存储区中占有不同的区域。每个存储单元都有不同的地址编号。

3. 输入/输出接口

输入/输出接口是可编程控制器和工业控制现场各类信号连接的部分。输入口用来接收生产过程的各参数。输出口用来送出可编程控制器运算后得出的控制信息，并通过机外的执行机构完成工业现场各类控制。可编程控制器为不同的接口需求设计了不同的接口单元。主要有以下几种。

(1) 开关量输入接口。它的作用是把现场的开关量信号变成可编程控制器内部处理的标准信号。开关量输入接口按可接纳的外信号电源的类型不同分为直流输入单元、交/直流输入单元及交流输入单元几种，参考电路如图 1.2、图 1.3、图 1.4 所示。

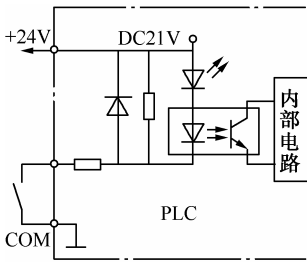


图 1.2 直流输入电路

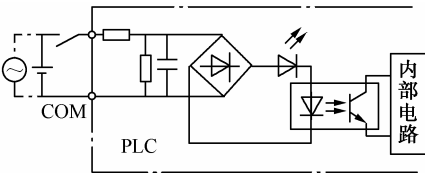


图 1.3 交/直流输入电路

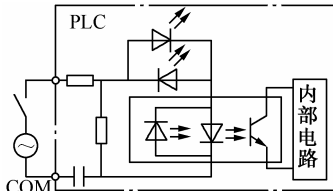
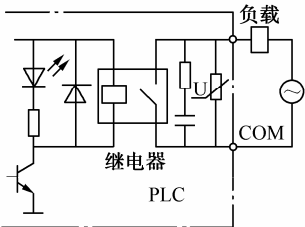


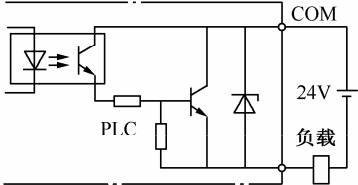
图 1.4 交流输入电路

从图中可以看出，输入接口中都有滤波电路及隔离耦合电路。滤波有抗干扰的作用，耦合有抗干扰及产生标准信号的作用。图 1.3 中输入口的电源部分画在了输入口外（虚线框外），这是分体式输入口的画法，在一般整体式可编程控制器中，直流输入口都使用可编程本机的直流电源供电，不再需要外接电源。

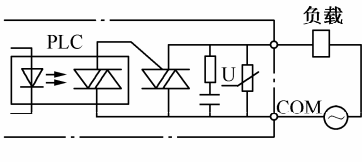
(2) 开关量输出接口。它的作用是把可编程内部的标准信号转换成现场执行机构所需的开关量信号。开关量输出接口按可编程机内使用的器件可分为继电器型、晶体管型及可控硅型。内部参考电路如图 1.5 所示。



(a) 继电器型



(b) 晶体管型



(c) 可控硅型

图 1.5 开关量输出电路

从图中可以看出，各类输出接口中也都具有隔离耦合电路。这里特别要指出的是，输出接口本身都不带电源，而且在考虑外驱动电源时，还需虑及输出器件的类型。继电器式的输出接口可用于交流及直流两种电源，但接通断开的频率低；晶体管式的输出接口有较高的接通断开频率，但只适合于直流驱动场合；可控硅型的输出接口仅适用于交流驱动场合。

(3) 模拟量输入接口。它的作用是把现场连续变化的模拟量标准信号转换成适合可编程序控制器内部处理的由若干位二进制数字表示的信号。模拟量输入接口接收标准模拟信号，可以是电压信号或是电流信号。这里，标准信号是指符合国际标准的通用交互电压电流信

号值，如 4~20mA 的直流电流信号，1~10V 的直流电压信号等。工业现场中模拟量信号的变化范围一般是不标准的，在送入模拟量接口时一般都需经过变换处理才能使用。

模拟量信号输入后一般经运算放大器放大后进行 A/D 转换，再经光电隔离后为可编程控制器提供一定位数的数字量信号。

(4) 模拟量输出接口。它的作用是将可编程控制器运算处理后的数字量信号转换为模拟量输出，以满足生产过程现场连续控制信号的需求。模拟量输出接口一般由光电隔离、D/A 转换和信号驱动等环节组成。

(5) 智能输入/输出接口。为了适应较复杂的控制工作的需要，可编程控制器还有一些智能控制单元，称为功能模块，如 PID 工作单元、高速计数器工作单元、温度控制单元等。这类单元大多是独立的工作单元。它们和普通输入/输出接口的区别在于具有单独的 CPU，有专门的处理能力。在具体的工作中，每个扫描周期智能单元和主机的 CPU 交换一次信息，共同完成控制任务。从近期的发展来看，不少新型的可编程控制器本身也具有 PID 运算、高速计数及脉冲输出等功能，但一般比专用单元的功能弱。

4. 电源

可编程控制器的电源包括为可编程控制器各工作单元供电的开关电源及为掉电保护电路供电的后备电源，后者一般为电池。

知识链接 2 可编程控制器的软件组成

1. 软件的分类

PLC 的软件包含系统软件及应用软件两大部分。

(1) 系统软件。系统软件含系统的管理程序、用户指令的解释程序，另外还包括一些供系统调用的专用标准程序块等。系统管理程序用以完成机内运行相关时间分配、存储空间分配管理、系统自检等工作。用户指令的解释程序用以完成用户指令变换为机器码的工作。系统软件在用户使用可编程控制器之前就已装入机内，并永久保存，在各种控制工作中也不需要做什么更改。

(2) 应用软件。应用软件也叫用户软件，是用户为达到某种控制目的，采用专用编程语言自主编制的程序。一般采用两种表达方式：梯形图和指令表。应用程序是一定控制功能的表述，同一台 PLC 用于不同的控制目的时就需要编制不同的应用软件。用户软件存入 PLC 后如需改变控制目的可多次改写。

2. 应用软件常用的编程语言

应用程序的编制需使用可编程控制器生产厂方提供的编程语言。可编程控制器的编程语言及编程工具大体差不多。一般常见的编程语言表达方式有如下几种。

(1) 梯形图 (Ladder Diagram)。梯形图语言是一种以图形符号及图形符号在图中的相互关系表示控制关系的编程语言，是从继电器电路图演变过来的。梯形图所绘的图形符号和继电器电路图中的符号十分相似，而且梯形图与继电器接触器图的结构也十分相似。这两个图相似的原因非常简单，一是因为梯形图是为熟悉继电器电路图的工程技术人员设计的，所以使用了类似的符号；二是两种图所表达的逻辑含义是一样的。因而，绘制梯形图的一种思想可以是这样的：将可编程控制器中参与逻辑组合的元件看成和继电器一样，具有常开、常闭触点及线圈，且线圈的得电、失电将导致触点的相应动作；再用母线代替电源线，用能量流概念来代替继电器电路中的电流概念；用绘制继电器电路图类似的思路绘出梯形图。需要说

明的是，PLC 中的继电器等编程元件不是实际物理元件，而只是计算机存储器中一定的位，它的所谓接通不过是相应存储单元置 1 而已。

(2) 指令表 (Instruction List)。指令表也叫做语句表。它和单片机程序中的汇编语言有点类似，由语句指令依一定的顺序排列而成。一条指令一般可分为两部分，一为助记符，二为操作数。也有只有助记符的，称为无操作数指令。指令表语言和梯形图有严格的对应关系。对指令表运用不熟悉的人可先画出梯形图，再转换为语句表。另一方面，程序编制完毕装入机内运行时，简易编程设备都不具备直接读取图形的功能，梯形图程序只有改写为指令表才有可能送入可编程控制器运行。

(3) 顺序功能图 (Sequential Function Chart)。顺序功能图常用来编制顺序控制类程序。它包含步、动作、转换三个要素。顺序功能编程法将一个复杂的顺序控制过程分解为一些小的工作状态，对这小状态的功能分别处理后再将它们依顺序连接组合成整体的控制程序。顺序功能图体现了一种编程思想，在程序的编制中有很重要的意义。

知识链接 3 可编程控制器的工作原理

可编程控制器的工作原理可以简单地表述为在系统程序的管理下，通过运行应用程序完成用户任务。PLC 在确定了工作任务，装入了专用程序后成为一种专用机，它采用循环扫描的工作方式，系统工作任务管理及应用程序执行都是循环扫描方式完成的。现叙述如下。

1. 分时处理及扫描工作方式

PLC 系统正常工作所要完成的任务如下。

- (1) 计算机内部各工作单元的调度和监控。
- (2) 计算机与外部设备间的通信。
- (3) 用户程序所要完成的工作。

这些工作都是分时完成的。每项工作又都包含着许多具体的工作。以用户程序的完成来说又可分为以下三个阶段。

(1) 输入处理阶段。输入处理也叫输入采样，在这个阶段中，可编程序控制器读入输入口的状态，并将它们存放在输入状态暂存区中。

(2) 程序执行阶段。在这个阶段中，可编程控制器根据本次读入的输入数据，依用户程序的顺序逐条执行用户程序。执行的结果存储在输出状态暂存区中。

(3) 输出处理阶段。也叫输出刷新阶段。这是一个程序执行周期的最后阶段。可编程序控制器将本次执行用户程序的结果一次性地从输出状态暂存区送到各个输出口，对输出状态进行刷新。

这三个阶段也是分时完成的。为了连续地完成 PLC 所承担的工作，系统必须周而复始地依一定的顺序完成这一系列的工作，故把这种工作方式叫做循环扫描工作方式。PLC 用户程序执行阶段扫描工作的过程如图 1.6 所示。

2. 扫描周期及 PLC 的两种工作状态

PLC 有两种基本的工作状态，即运行 (RUN) 状态与停止 (STOP) 状态。运行状态是执行应用程序的状态。停止状态一般用于程序的编制与修改。如图 1.7 所示给出了运行和停止两种状态 PLC 不同的扫描过程。由图可知，在这两个不同的工作状态中，扫描过程所要完成的任务是不尽相同的。

PLC 在 RUN 工作状态时，执行一次如图 1.7 所示的扫描操作所需的时间称为扫描周期，

其典型值为 1~100ms。PLC 厂家一般给出每执行 1K（1K=1024）条基本逻辑指令所需的时间（以 ms 为单位）。某些厂家在说明书中还给出了执行各种指令所需的时间。一般来说，一个扫描过程中，执行指令的时间占了绝大部分。

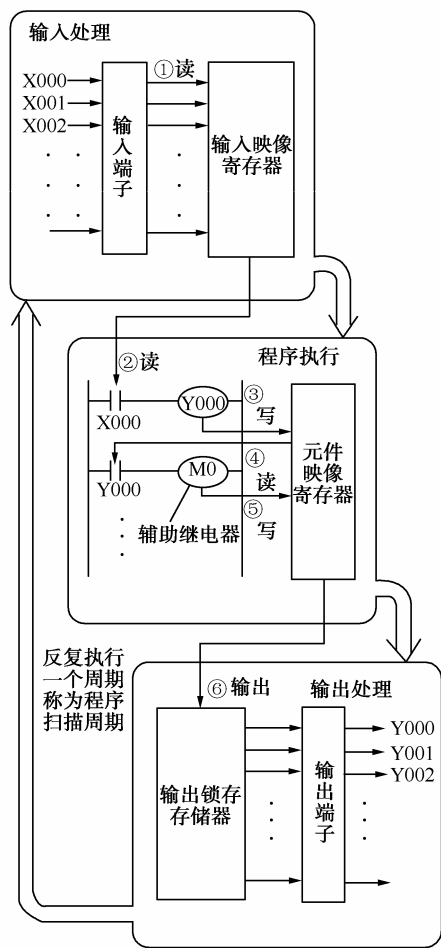


图 1.6 程序执行扫描工作过程

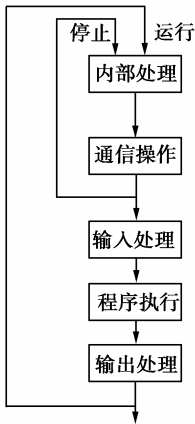


图 1.7 扫描过程示意图

任务 2 FX_{2N}系列PLC机器硬件认识及使用

1. 实训目的

- (1) 认识 FX_{2N} 系列 PLC 外部端子的功能以及连接方法；I/O 点的编号、分类、主要技术指标及使用注意事项。
- (2) 了解 FX_{2N} 系列 PLC 基本单元、扩展单元、特殊功能模块的型号、功能及技术指标。
- (3) 认识 PLC 控制系统的组成及技术实现。

2. 实训内容

FX_{2N} 系列 PLC 外部端子的功能及连接方法、I/O 点的类别及技术指标。

- (1) 机器硬件认识与使用。PLC 有单元式、模块式和叠装式三种结构形式，常用结构形式为前两种。FX_{2N} 系列为小型 PLC，采用单元式结构形式。

FX_{2N}—48MR PLC 面板如图 1.8 所示，它由三部分组成，即外部端子（输入/输出接线端子）部分、指示部分和接口部分，各部分的组成及功能如下所述。

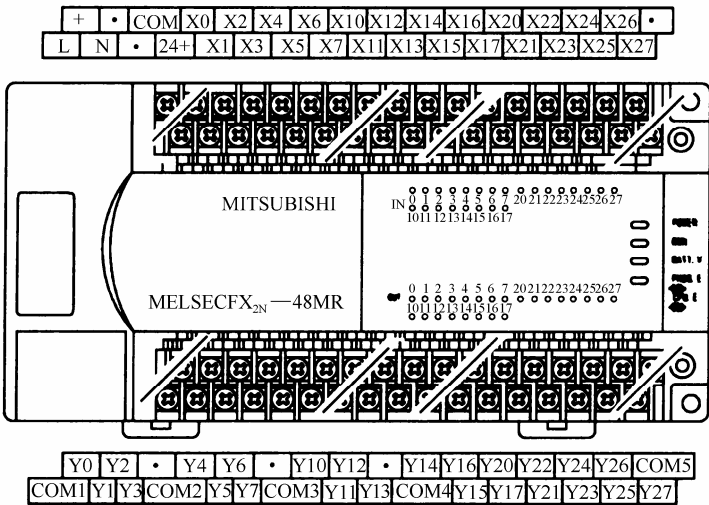


图 1.8 FX_{2N} 系列 PLC 接线端子排列示例 (FX_{2N}—48MR)

① 外部接线端子。外部接线端子包括 PLC 电源 (L、N)、输入用直流电源 (24+、COM)、输入端子 (Y)、运行控制 (RUN) 和机器接地等。它们位于机器两侧可拆卸的端子板上，每个端子均有对应的编号，主要完成电源、输入信号和输出信号的连接。

② 指示部分。指示部分包括各输入/输出点的状态知识、机器电源指示 (POWER)、机器运行状态指示 (RUN)、用户程序存储器后备电池指示 (BATT) 和程序错误或 CPU 错误指示 (PROG-E、CPU-E) 等，用于反映 I/O 点和机器的状态。

③ 接口部分。FX_{2N} 系列 PLC 有多个接口，打开接口或面板即可观察到。主要包括编程器接口、存储器接口、扩展接口和特殊功能模块接口等。在机器面板的左下角，还设置了一个 PLC 运行模式转换开关 SW1，它有 RUN 和 STOP 两个位置，RUN 使机器处于运行状态 (RUN 指示灯亮)；STOP 使机器处于停止运行状态 (RUN 指示灯灭)。当机器处于 STOP 状态时，可进行用户程序的录入、编辑和修改。接线端子板上也有一个 RUN 端子，它的功能与 SW1 相同，如果该端子有输入信号，可使机器处于运行状态，否则，机器处于停止运行状态。接口的作用是完成基本单元同编程器、外部存储器、扩展单元和特殊功能模块的连接，在 PLC 技术应用中会经常用到。

(2) I/O 点的类别、编号及使用说明。I/O 端子 (输入/输出) 是 PLC 的重要外部部件，是 PLC 与外部设备 (输入设备、输出设备) 连接的通道，其数量、类别也是 PLC 的主要技术指标之一。一般 FX 系列 PLC 的输入端子 (X) 位于机器的一侧，输出端子 (Y) 位于机器的另一侧。

FX_{2N} 系列 PLC 的 I/O 点数量、类别随机器的型号不同而不同，但 I/O 点数量比例及编号规则完全相同。一般输入点与输出点的数量之比为 1：1，也就是说输入点数等于输出点数。FX 系列 PLC 的 I/O 点编号采用八进制，即 00~07、10~17、20~27…。输入点前面加“X”，输出点前面加“Y”。扩展单元和 I/O 扩展模块其 I/O 点编号应紧接基本单元的 I/O 编号之后，依次分配编号。

I/O 点的作用是将 I/O 设备与 PLC 进行连接，使 PLC 与现场构成系统，以便从现场通过输入设备（元件）得到信息（输入），或将经过处理后的控制命令通过输出设备（元件）送到现场（输出），从而实现自动控制的目的。

输入回路连接示意图如图 1.9 所示。输入回路的实现是 COM 通过具体的输入元件（如按钮、转换开关、行程开关、继电器的触点、传感器等）连接到对应的输入点上，通过输入点 X 将信息送到 PLC 内部，一旦某个输入元件状态发生变化，对应输入点 X 的状态也就随之变化，这样 PLC 可随时检测到这些信息。

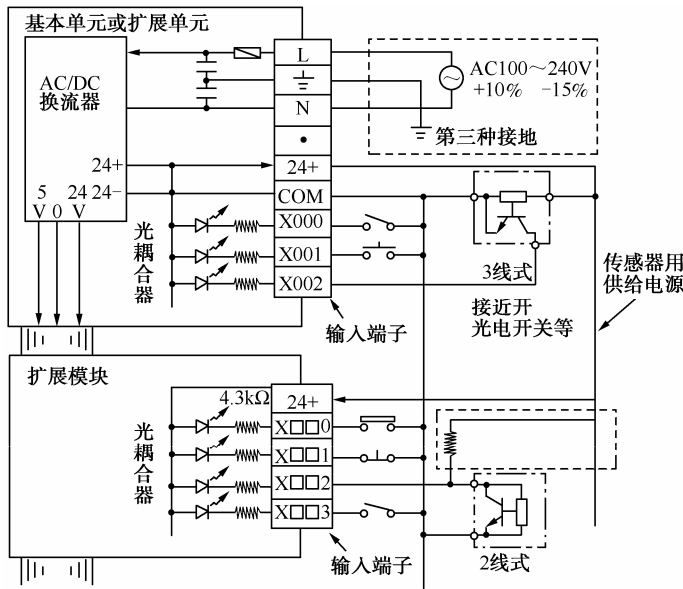


图 1.9 输入器件的接线

输出回路就是 PLC 的负载驱动回路，输出回路连接的示意图如图 1.10 所示。PLC 仅提供输出点，通过输出点，使负载得到驱动。负载电源的规格应根据负载的需要和输出点的技术规格进行选择。

在实现输出回路时，应注意的事项如下。

① 输出点的共 COM 问题。一般情况下，每个输出点应有两个端子，为了减少输出端子的个数，PLC 在内部将其中一个输出点采用公共端连接，即将几个输出点的一端连接到一起，形成公共端 COM。FX_{2N} 系列 PLC 的输出点一般采用每 4 个点共 COM 的连接，如图 1.11 所示。在使用时要特别注意，否则可能导致负载不能正确驱动。

② 输出点的技术规格。不同的输出类别，有不同的技术规格。我们应根据负载的类别、大小、负载电源的等级、响应时间等选择不同类别的输出形式。

要特别注意负载电源的等级和最大负载的限制，以防止出现负载不能驱动或 PLC 输出点损坏等情况的发生。

③ 多种负载和多种负载电源共存的处理。同一台 PLC 控制的负载，负载电源的类别、电压等级可能不同，在连接负载时（实际上在分配 I/O 点时），应尽量让负载电源不同的负载不使用共 COM 的输出点。若要使用，应注意干扰和短路等问题。

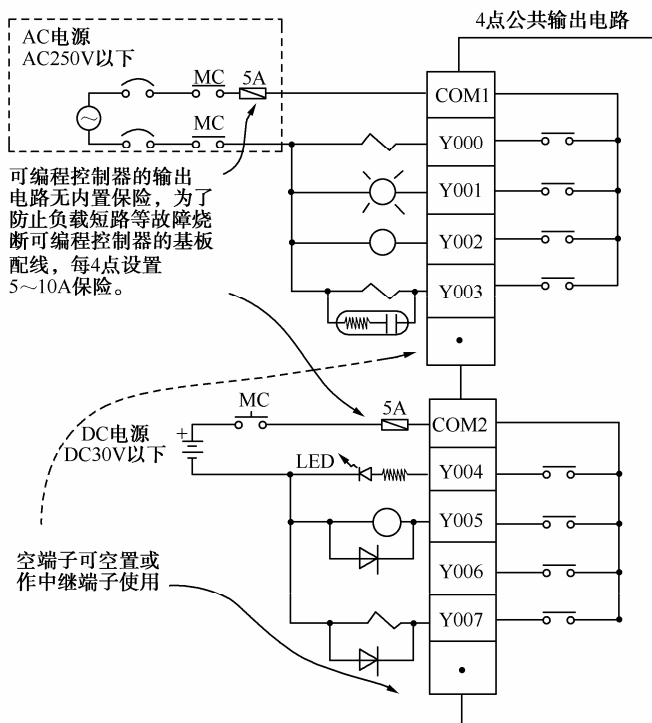


图 1.10 输出器件的接线

3. PLC应用初步

(1) PLC 控制系统的组成。PLC 控制系统由硬件和软件 2 个部分组成，如图 1.12 所示。硬件部分就是将输入元件通过输入点与 PLC 连接，将输出元件通过输出点与 PLC 连接，构成 PLC 控制系统的硬件系统。软件部分即控制思想，用 PLC 指令将控制思想转换变为 PLC 可接受的程序。

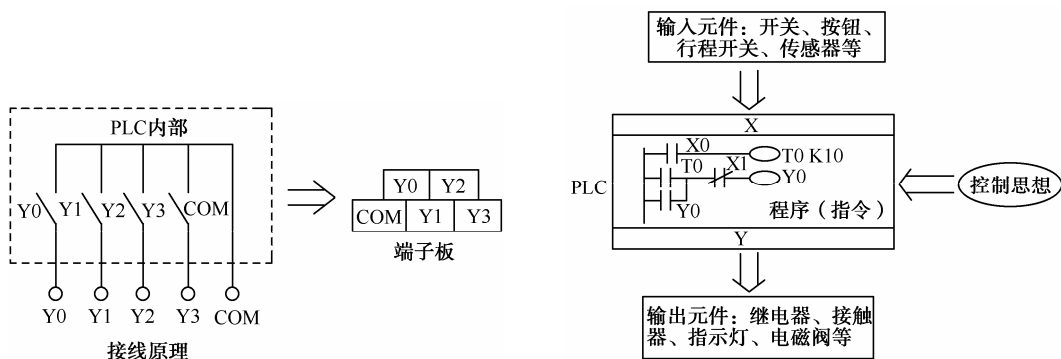


图 1.11 输出点的共 COM 连接

图 1.12 PLC 控制系统的组成

(2) 实训练习题。三相异步电动机点动和连续运行。

① 输入/输出元件地址分配。根据要求，在电动机点动、连续运行控制中，有 4 个输入控制元件：启动按钮 SB1、停止按钮 SB2、点动按钮 SB3 和热继电器 FR。有 3 个输出元件：接触器线圈 KM、绿色指示灯 HL1 和红色指示灯 HL2。编程元件的地址分配如表 1.1 所示。

表 1.1 点动、连续运行控制输入/输出元件的地址分配

输 入			输 出		
输入继电器	电 路 元 件	作 用	输出继电器	电 路 元 件	作 用
X000	SB1	启动按钮	Y000	KM	电动机接触器
X001	SB2	停止按钮	Y001	HL1	启动绿色指示灯
X002	SB3	点动按钮	Y002	HL2	停止红色指示灯
X003	FR	过载保护			

② 输入/输出接线图。本项目用三菱 FX_{2N}—16MR 型可程序控制器实现点动、连续运行控制的输入/输出接线，如图 1.13 所示。

③ 参考梯形图程序。根据点动、连续运行控制的控制要求，编写梯形图程序，如图 1.14 所示。

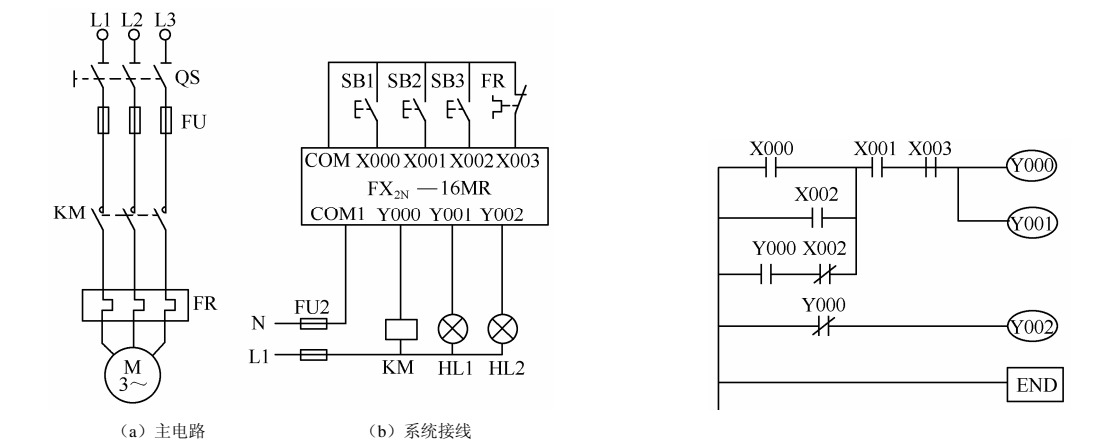


图 1.13 点动、连续运行控制的输入/输出接线

图 1.14 点动、连续运行控制的梯形图程序

梯形图程序所对应的指令语句如表 1.2 所示。

(3) 实训要求。

- ① 指导教师事先将指令程序写入 PLC。
- ② 按要求由学生独立将系统连接起来。
- ③ 让学生亲自操作，观察系统的运行，体会系统组成和控制要求。
- (4) PLC 技术应用的一般步骤。通过以上训练，使学生认识 PLC 技术应用的一般步骤。
 - ① 分析被控对象的工艺条件和控制要求。
 - ② 根据被控对象对 PLC 控制系统的功能、要求和所需输入/输出的点数，选择适当类型的 PLC。
 - ③ 分配输入/输出点，绘制控制系统的接线图。
 - ④ 根据被控对象的工艺条件和控制要求，设计梯形图或状态转移图。如果控制系统是继电器控制线路，可将其改造为梯形图。
 - ⑤ 根据梯形图，用选用机型的指令编制程序。
 - ⑥ 用编程器将指令程序写入 PLC。
 - ⑦ 调试系统。首先按系统接线图连接好系统，然后根据控制要求对控制系统进行调试，

直到符合要求。

表 1.2 点动、连续运行控制的指令语句

指令程序	指令程序	指令程序	指令程序
0 LD X000	3 ANI X002	6 AND X003	9 LDI Y000
1 OR X002	4 ORB	7 OUT Y000	10 OUT Y002
2 LD Y000	5 ANI X001	8 OUT Y001	11 END

任务 3 编程器与编程软件的功能及使用

知识链接 1 三菱SWOPC-FXGP/WIN-C编程软件简介

三菱 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件，是应用于 FX 系列 PLC 的中文编程软件，可以在 Windows 9x 或 Windows 3.1 及以上操作系统中运行。

1. SWOPC-FXGP/WIN-C编程软件的主要功能

(1) 在 SWOPC-FXGP/WIN-C 中，可以通过线路符号、列表语言及 SFC 符号来创建步进顺控指令程序，建立注释数据及设置寄存器数据。

(2) 创建步进顺控指令程序并将其创建为文件，用打印机打印。

(3) 该程序可以在串行系统中与 PLC 进行通信、文件传送、操作监控以及各种测试功能。

2. 系统配置

(1) 计算机。

① 要求机型：IBM PC/AT（兼容）。

② CPU：486 以上。

③ 内存：8M 或更高（推荐 16M 以上）。

④ 显示器：分辨率为 800×600 点，16 色或更高。

(2) 编程和通信软件。采用应用于 FX 系列 PLC 的编程软件 SWOPC-FXGP/WIN-C。

(3) 接口单元。采用 FX-232AWC 型 RS-232C/RS-422 转换器（便携式）或 FX-232AW 型 RS-232C/RS-422 转换器（内置式），以及其他指定的转换器。

(4) 通信线缆。采用 FX-422CAB 型 RS-422 缆线（用于 FX2、FX2C 型 PLC，0.3m）或 FX-422CAB-150 型 RS-422 缆线（用于 FX2、FX2C 型 PLC，1.5m），以及其他指定的缆线。

3. 三菱SWOPC-FXGP/WIN-C编程软件的操作环境

可以运行在 Windows 9x/Windows 3.1 或更高的操作系统。

知识链接 2 三菱SWOPC-FXGP/WIN-C编程软件的使用——程序的创建、保存

1. 系统的启动和退出

要想启动 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件，可以用鼠标双击桌面上的图标。

如图 1.15 所示为打开的 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件窗口。

用鼠标选择【文件】菜单下的【退出】命令，即可退出 SWOPC-FXGP/WIN-C 系统，如图 1.16 所示。

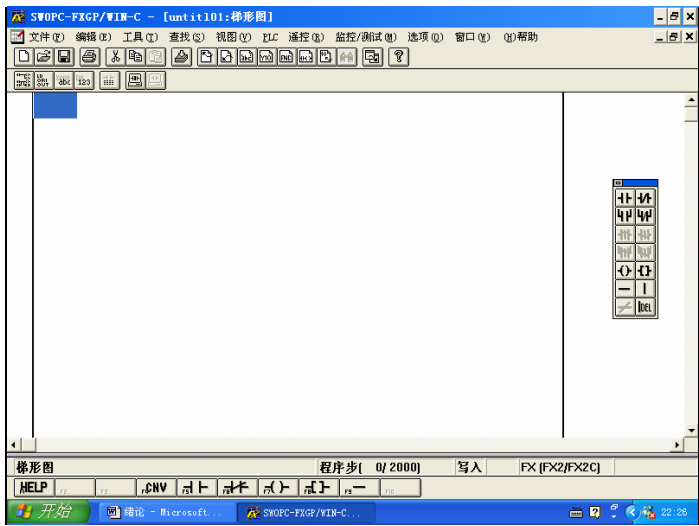


图 1.15 打开的三菱 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件窗口

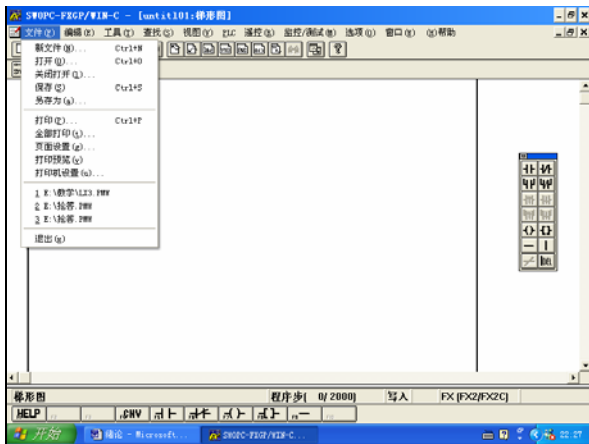


图 1.16 退出三菱 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程系统操作

2. 文件的管理

(1) 创建新文件。创建一个新的顺控程序的操作方法如下所述。

通过选择【文件】→【新文件】菜单项，或者按【Ctrl】+【N】组合键操作，在 PLC 类型设置对话框中选择顺控程序的目标 PLC 类型，如选择 FX2 系列 PLC 后，单击【确认】按钮，或者按【O】键即可，如图 1.17 所示。

(2) 打开文件。从文件列表中打开一个顺控程序以及诸如注释数据之类的数据，操作方法是：先选择【文件】→【打开】菜单或按【Ctrl】+【O】组合键，再在打开的文件菜单中选择一个所需要的顺控指令程序后，单击【确认】即可，如图 1.18 所示。

(3) 文件的保存和关闭。保存当前的顺控程序、注释数据以及其他在同一文件名下的数据。如果是第一次保存，屏幕显示如图 1.19 所示的文件保存对话框，可以通过该对话框将当前程序命名并保存起来。操作方法是：执行【文件】→【保存】菜单操作或按【Ctrl】+【S】组合键即可。

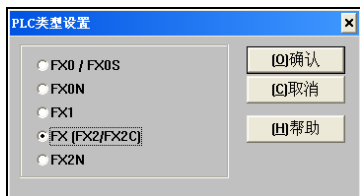


图 1.17 PLC 类型设置对话框

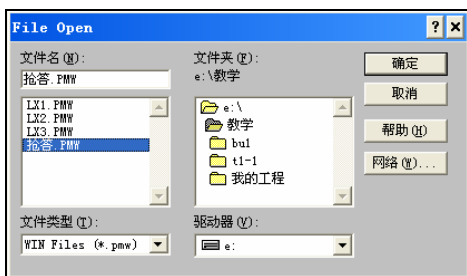


图 1.18 打开的文件菜单

将处于打开状态的顺控程序关闭，再打开一个已有的程序及相应的注释和数据，操作方法是执行【文件】→【关闭打开】菜单操作即可。

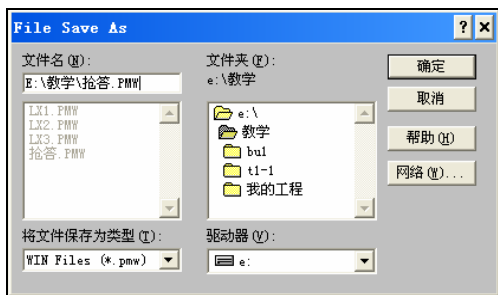


图 1.19 文件保存对话框

知识链接 3 三菱SWOPC-FXGP/WIN-C编程软件的使用——程序的输入、编辑

1. 梯形图编程

(1) 编辑操作。

① 梯形图单元块的剪切、复制、粘贴、删除、块选择以及行删除和行插入，通过执行【编辑】菜单栏实现，如图 1.20 所示。

② 元件名的输入、元件注释、线圈注释以及梯形图单元块的注释，可以通过执行【编辑】菜单栏实现，如图 1.20 所示。

(2) 元件输入。触点、线圈符号、特殊功能线圈和连接导线的输入以及程序的清除，通过执行【工具】菜单栏实现，如图 1.21 所示。

(3) 梯形图的转换。将创建的梯形图转换格式存入计算机中，操作方法是：执行【工具】→【转换】菜单操作或按【F4】键，如图 1.21 所示。在转换过程中显示梯形图转换信息，如果在不完成转换的情况下关闭梯形图窗口，刚创建的梯形图将被删除。

(4) 查找。光标移到程序的顶、底和指定程序步显示程序，有关元件接点、线圈和指令的查找、元件类型的改变、元件的替换，通过执行【查找】菜单栏实现，如图 1.22 所示。

2. 指令表编程

执行【视图】→【指令表】或按【N】键操作可实现指令表状态下的编程；通过【视图】→【指令表】或【梯形图】，可以实现指令表程序与梯形图程序之间的转换，如图 1.23 所示。



图 1.20 【编辑】菜单栏

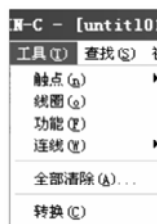


图 1.21 【工具】菜单栏

3. 程序的检查

执行【选项】→【程序检查】，选择相应的检查内容，然后单击【确认】按钮，可实现对程序的检查，如图 1.24 所示。

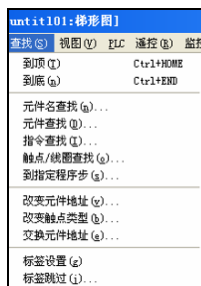


图 1.22 【查找】菜单栏

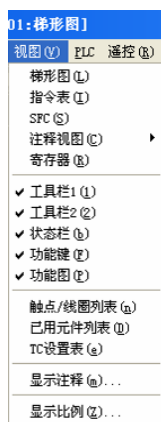


图 1.23 【视图】菜单

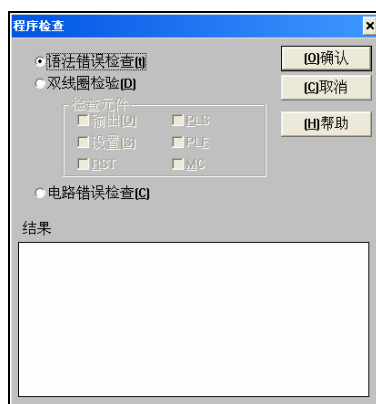


图 1.24 【程序检查】窗口

项目 2 基本逻辑指令及定时器、计数器基础

任务 1 基本指令的使用

知识链接 1 FX_{2N}系列可编程控制器主要编程元件

PLC 是按照电气继电控制线路设计思想,借助于大规模集成电路和计算机技术开发的一种新型工业控制器。使用者可以不必考虑 PLC 内部元器件的具体组成线路,而将 PLC 看成由各种功能元器件组成的工业控制器,利用编程语言对这些元器件线圈、触点进行编程以达到控制要求,为此使用者必须熟悉和掌握这些元器件的功能、编号及其使用方法。每种元器件都用特定的字母来表示,如 X 表示输入继电器、Y 表示输出继电器、M 表示辅助继电器、T 表示定时器、C 表示计数器、S 表示状态元件等,并对这些元器件给予规定的编号。下面对主要元器件做一下说明。

FX_{2N} 系列 PLC 具有数十种编程元件,其编号分为两个部分。第一部分是代表功能的字母,如输入继电器用“X”表示,输出继电器用“Y”表示;第二部分为数字,数字为该类器件的序号。FX_{2N} 系列 PLC 中输入继电器及输出继电器的序号为八进制数,其余器件的序号为十进制数。

(1) 输入继电器 (X)。FX_{2N} 系列可编程控制器输入继电器编号范围为 X000~X267 (184 点)。

输入继电器与 PLC 的输入端相连,用于 PLC 接收外部开关信号,如开关、传感器等输入信号。输入继电器必须由外部信号来驱动,不能用程序驱动。它可提供无数对常开触点和常闭触点,这些接点在 PLC 内可以自由使用。

(2) 输出继电器 (Y)。输出继电器编号范围为 Y000~Y267 (184 点)。

输出继电器是 PLC 用来输送信号到外部负载的元件,输出继电器只能用程序指令驱动,每一个输出继电器有一个外部输出的常开触点。而内部的软触点,不管是常开还是常闭,都可以无限次地自由使用。

(3) 辅助继电器 (M)。PLC 内部有很多辅助继电器,辅助继电器与输出继电器一样只能用程序指令驱动,外部信号无法驱动它的常开、常闭触点,在 PLC 内部编程时可以无限次地自由使用。但是,这些触点不能直接驱动外部负载,外部负载必须由输出继电器的外部触点来驱动。

在逻辑运算中经常需要一些中间继电器进行辅助运算,这些器件往往用做状态暂存或移位等运算。另外,辅助继电器还具有一些特殊功能。下面是几种常见的辅助继电器。

① 通用辅助继电器 M0~M499。通用辅助继电器按十进制地址编号 M0~M499,共 500 点。

② 断电保持辅助继电器 M500~M1023 (524 点)。PLC 在运行过程中若发生停电,输出继电器和通用辅助继电器全部成为断开状态。上电后,除了 PLC 运行时被外部输入信号接通

的以外，其他仍断开。不少控制系统要求保持断电瞬间状态。断电保持辅助继电器就是用于此场合，断电保持是由 PLC 内装锂电池支持的。

③ 特殊辅助继电器 M8000~M8255 (256 点)。PLC 内有 256 个特殊辅助继电器，这些特殊辅助继电器各自具有特定的功能。通常分为两大类。

- 只能利用其触点的特殊辅助继电器。线圈由 PLC 自动驱动，用户只可以利用其触点。例如：M8000 为运行监控用，PLC 运行时 M8000 接通；M8002 为仅在运行开始瞬间接通的初始脉冲特殊辅助继电器；M8012 为产生 100ms 时钟脉冲的特殊辅助继电器。
- 可驱动线圈型特殊辅助继电器，用户激励线圈后，PLC 做特定动作，例如：M8030 为锂电池电压指示灯特殊辅助继电器，当锂电池电压跌落时，M8030 动作，指示灯亮，提醒 PLC 维修人员需要赶快调换锂电池了；M8033 为 PLC 停止时输出保持辅助继电器；M8034 为禁止全部输出特殊辅助继电器；M8039 为定时扫描特殊辅助继电器。

需要说明的是，未定义的特殊辅助继电器不可在用户程序中使用。

辅助继电器的常开常闭触点在 PLC 内可无限次地使用。

(4) 状态器 (S)。状态器是构成状态转移图的重要器件，它与后述的步进顺控指令配合使用。通常状态器软件有下面五种类型。

- 初始状态器 S0~S9 共 10 点。
- 回零状态器 S10~S19 共 10 点。
- 通用状态器 S20~S499 共 480 点。
- 保持状态器 S500~S899 共 400 点。
- 报警用状态器 S900~S999 共 100 点。这 100 个状态器器件可用做外部故障诊断输出。

S0~S499 没有断电保持功能，但是用程序可以将它们设定为有断点保持功能的状态。状态器的常开、常闭触点在 PLC 内可以使用，且使用次数不限。不用步进顺控指令时，状态器 S 可以作为辅助继电器 M 在程序中使用。此外，每一个状态继电器还提供一个步进触点，称为 STL 触点。在步进控制的梯形图中使用。

(5) 定时器 (T)。PLC 中定时器 T 相当于继电器控制系统中的延时继电器，它可提供无限对常开延时触点、常闭延时触点供编程使用。定时器元件号按十进制编号，设定时间由编程时设定系数 K 决定。T0~T199 为 0.1s 定时器，设定值范围为 0.1~3276.7s，最小单位为 0.1s。T200~T245 为 0.01s 定时器，设定值范围为 0.01~327.67s。其他还有积算型定时器。

(6) 计数器 (C)。计数器元件号按十进制编号，计数器计数次数由编程时设定系数 K 决定。它可提供无限对常开触点、常闭触点供编程使用。C0~C99 为通用加计数器，计数范围为 1~32767。C100~C199 为停电保持加计数器，计数范围为 1~32767。其他还有可逆加减计数器等。

知识链接 2 基本指令

FX 系列 PLC 有基本指令 20 条，步进指令 2 条，功能指令近百条。本节主要介绍基本指令。

1. 逻辑取及线圈驱动指令 LD、LDI、OUT

LD 取指令：表示读入一个与母线相连的常开触点指令，即常开触点逻辑运算起始。

LDI 取反指令：表示读入一个与母线相连的常闭触点指令，即常闭触点逻辑运算起始。

OUT 线圈驱动指令，也叫输出指令。

如图 2.1 所示是上述三条基本指令的使用说明。

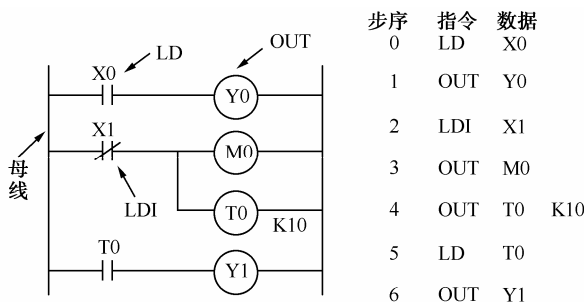


图 2.1 LD、LDI、OUT 指令的使用说明

LD、LDI 两条指令的目标元件是 X、Y、M、S、T、C，用于将触点接到母线上。也可以与后述的 ANB、ORB 指令配合使用，在分支起点也可使用。

OUT 是驱动线圈的输出指令，它的目标元件是 Y、M、S、T、C。对输入继电器 X 不能使用。OUT 指令可以连续使用多次。

对定时器的定时线圈使用 OUT 指令后，必须设定常数 K，图中 K 为 10，对应于延时间为 1s。对计数器的计数线圈，使用 OUT 指令后，也必须设定常数 K，K 表示计数器设定次数。

2. 触点串联指令 AND、ANI

AND 与指令：用于单个常开触点的串联。

ANI 与非指令：用于单个常闭触点的串联。

AND 与 ANI 都是一个程序步指令，它们串联触点的个数没有限制，也就是说这两条指令可以多次重复使用。AND、ANI 指令的使用说明如图 2.2 所示。目标元件为 X、Y、M、S、T、C。

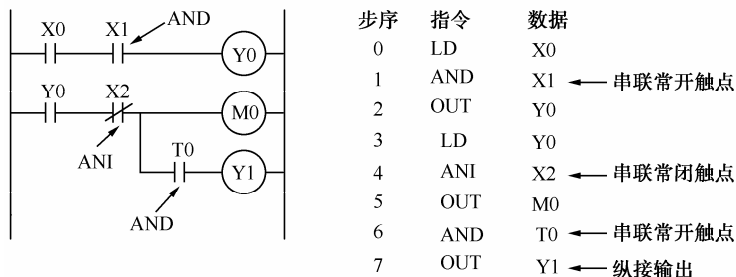


图 2.2 AND、ANI 指令的使用说明

3. 触点并联指令 OR、ORI

OR 或指令：用于单个常开触点的并联。

ORI 或非指令：用于单个常闭触点的并联。

OR 与 ORI 指令都是一个程序步指令，它们的目标元件是 X、Y、M、S、T、C。对这两种指令的使用做如下说明。

(1) OR 和 ORI 指令用于单个触点的并联连接。

(2) 需要两个以上触点串联连接电路块的并联连接时，要用后述的 ORB 指令。

OR、ORI 是从该指令的当前步开始，对前面的 LD、LDI 指令并联连接。并联的次数无

限制。OR、ORI 指令的使用说明如图 2.3 所示。

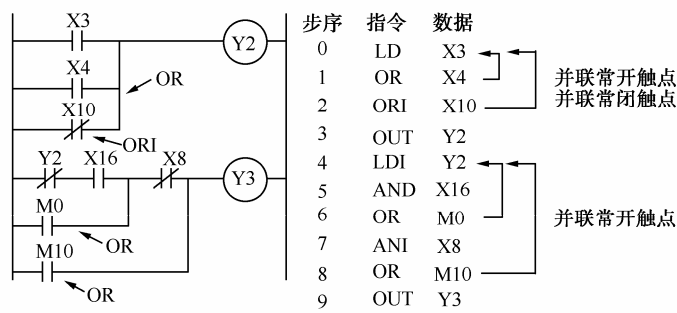


图 2.3 OR、ORI 指令的使用说明

4. 串联电路块的并联连接指令ORB

两个或两个以上的触点串联连接的电路叫串联电路块。对串联电路块并联连接时，有如下的说明。

- (1) 分支开始用 LD、LDI 指令，分支结果用 ORB 指令。
- (2) ORB 指令为无目标元件指令，而且为一个程序步。ORB 有时也简称或块指令。ORB 指令的使用说明如图 2.4 所示。

ORB 指令的使用方法有两种：一种是在并联的每个串联电路块后加 ORB 指令，如图 2.4 所示的语句表；另一种是集中使用 ORB 指令，两种指令的使用对比如图 2.5 所示。对于前者分散使用 ORB 指令时，并联电路的个数没有限制，但对于后者集中使用 ORB 指令时，这种电路块并联的个数不能超过 8 个（即重复使用 LD、LDI 指令的次数限制在 8 次以下），所以不推荐用后者编程。

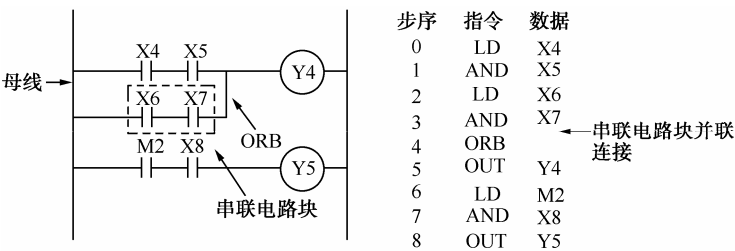


图 2.4 ORB 指令的使用说明

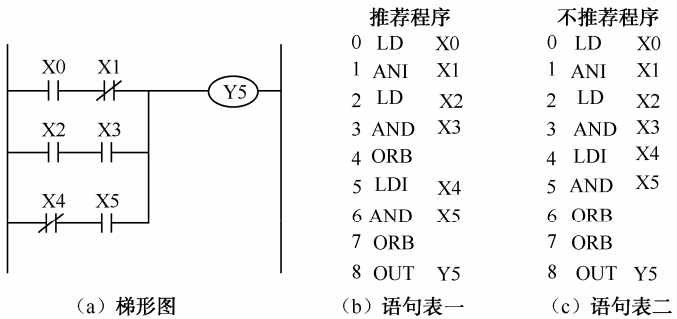


图 2.5 两种 ORB 指令的使用对比

5. 并联电路块的串联连接指令ANB

两个或两个以上接点并联的电路称为并联电路块，分支电路并联电路块与前面电路串联连接时，使用 ANB 指令。在使用时应注意以下几点。

(1) 分支的起点用 LD、LDI 指令，并联电路块结束后，使用 ANB 指令与前面电路串联。

(2) ANB 指令简称与块指令，ANB 也是无操作目标元件，是一个程序步指令。ANB 指令的使用说明如图 2.6 和图 2.7 所示。

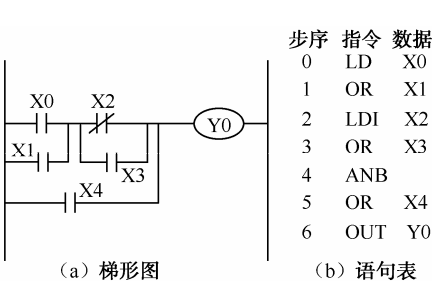


图 2.6 ANB 指令使用说明之一

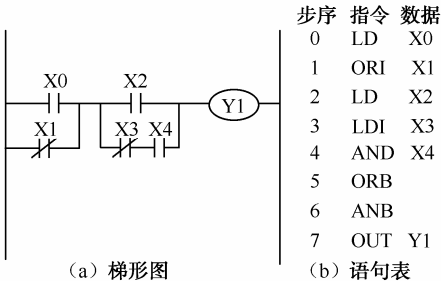


图 2.7 ANB 指令使用说明之二

(3) 当并联的串联电路块 ≥ 3 时，有两种编程方法，但最好采用如图 2.6 所示的编程方法。串联电路块逐块连接，对每一电路块使用 ANB 指令，ANB 使用次数无限制。采用如图 2.7 所示的编程方法时，ANB 指令虽然也可连续使用，但重复使用 LD、LDI 指令的次数限制在 8 次以下，这点请注意。

6. 多重输出指令MPS、MRD、MPP

MPS 为进栈指令。

MRD 为读栈指令。

MPP 为出栈指令。

PLC 中有 11 个存储中间运算结果的存储器，称为栈存储器。进栈 MPS 指令就是将运算中间的结果存入栈存储器，使用一次 MPS 指令，该时刻的运算结果就压入栈存储器第一级，再使用一次 MPS 指令，当前的运算结果压入栈存储器的第一级，先压入的数据依次向栈的下一级推移。

使用出栈 MPP 指令就是将存入栈存储器的各数据依次上移，最上级数据读出后就从栈内消失。

读栈 MRD 指令是存入栈存储器的最上级的最新数据的读出专用指令，栈内的数据不发生上移和下移。

这组指令都是没有数据（操作元件号）的指令，可将触点先存储，因此可用于多重输出电路。MPS、MRD、MPP 指令的使用说明如图 2.8、图 2.9、图 2.10 和图 2.11 所示。如图 2.8 所示给出了栈存储器与多重输出的指令。

如图 2.9 所示是一层栈电路，并且与 ANB、ORB 指令配合。

如图 2.10 所示是二层栈电路。如图 2.11 所示是一个四层栈电路。

MPS、MRD、MPP 指令在使用中应注意：

- (1) MPS、MRD、MPP 指令用于多重输出电路。
- (2) MPS 与 MPP 指令必须配对使用。
- (3) MPS 与 MPP 连续使用必须少于 11 次。

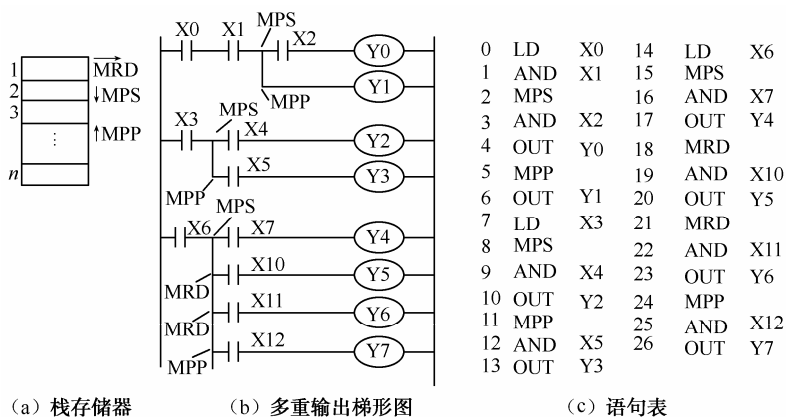


图 2.8 栈存储器与多重输出指令

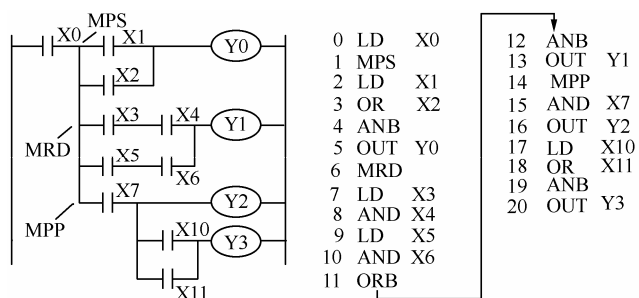


图 2.9 一层栈电路

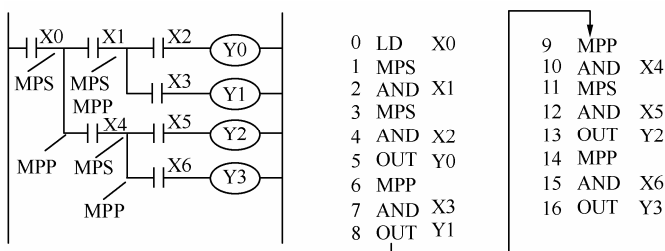


图 2.10 二层栈电路

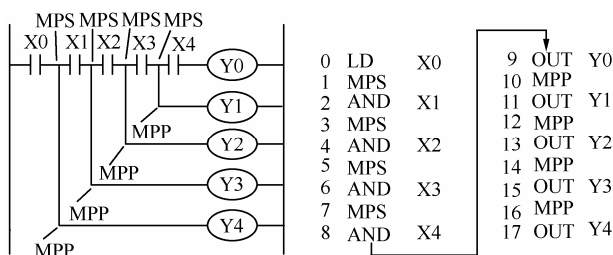


图 2.11 四层栈电路

7. 主控及主控复位指令MC、MCR

MC 为主控指令，用于公共串联触点的连接；MCR 叫主控复位指令，即 MC 的复位指令。

在编程时，经常遇到多个线圈同时受一个或一组触点控制。如果在每个线圈的控制电路中都串入同样的触点，将多占用存储单元，应用主控指令可以解决这一问题。使用主控指令的接点称为主控触点，它在梯形图中与一般的触点垂直。它们是与母线相连的常开触点，是控制一组电路的总开关。MC、MCR 指令的使用说明如图 2.12 所示。

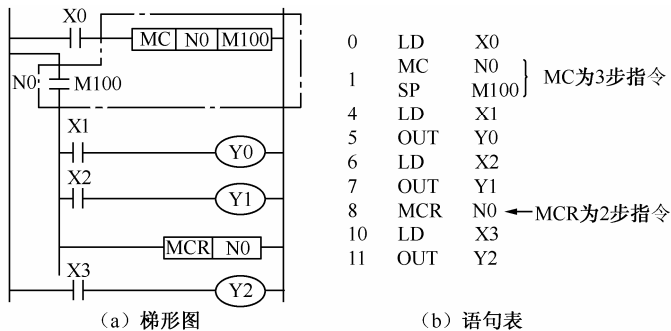


图 2.12 MC、MCR 指令的使用说明

MC 指令是 3 步指令，MCR 指令是 2 步指令，两条指令的操作目标元件是 Y 和 M，但不允许使用特殊辅助继电器 M。

当如图 2.12 所示的 X0 接通时，执行 MC 与 MCR 之间的指令；当输入条件断开时，不执行 MC 与 MCR 之间的指令。非积算定时器和用 OUT 指令驱动的元素复位，积算定时器、计数器、用 SET/RST 指令驱动的元素保持当前的状态。使用 MC 指令后，母线移到主控触点的后面，与主控触点相连的触点必须用 LD 或 LDI 指令。MCR 使母线回到原来的位置。在 MC 指令区内使用 MC 指令称为嵌套，嵌套级 N 的编号（0~7）顺次增大，返回时用 MCR 指令，从大的嵌套级开始解除，如图 2.13 所示。

8. 置位与复位指令SET、RST

SET 为置位指令，其功能是使元件置位并保持，直至复位为止。RST 为复位指令，使元件复位并保持，直至置位为止。SET、RST 指令的使用说明如图 2.14 所示。

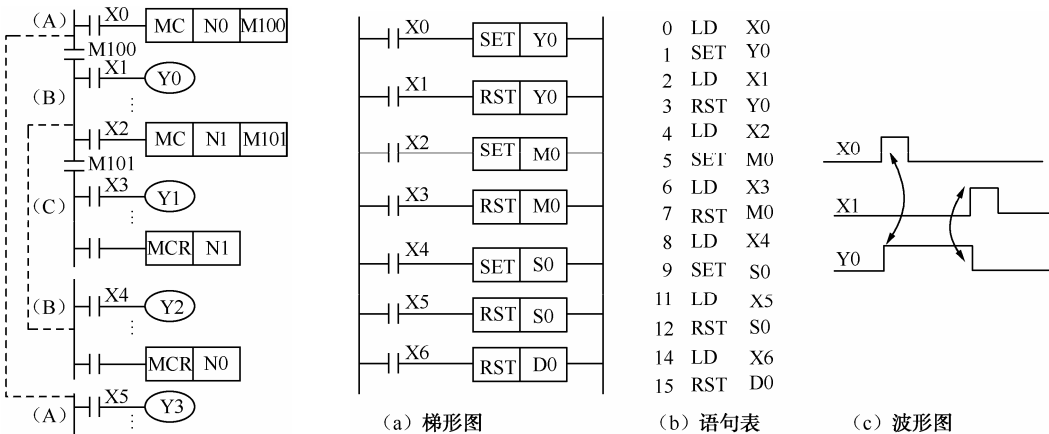


图 2.13 多重嵌套主控指令

图 2.14 SET、RST 指令的使用说明

由图 2.14 (c) 的波形图可知，当 X0 接通，即使再变成断开，Y0 也保持接通。X1 接通后，即使再变成断开，Y0 也将保持断开。SET 指令的操作目标元件为 Y、M、S。而 RST 指

令的操作元件为 Y、M、S、D、V、Z、T、C。这两条指令是 1~3 程序步。用 RST 指令可以对定时器、计数器、数据寄存器、变址寄存器的内容清零。对同一编程元件，可多次使用 SET 和 RST 指令，还可用来复位积算定时器 T246~T255 和计数器。RST 复位指令用于计算器、定时器的使用说明如图 2.15 所示。

当 X0 接通，输出接点 T246 复位，定时器的当前值也成为 0。

输入 X1 接通期间，T246 接收 1ms 时钟脉冲并计数，计到 1234 时 Y0 就动作。

32 位计数器 C200 根据 M8200 的开、关状态进行递加或递减计数，它对 X4 接点的开关数计数。输出接点的置位或复位取决于计数方向及是否达到 D0 中所存的设定值。

输入 X3 接通，输出接点复位，计数器 C200 当前值清零。

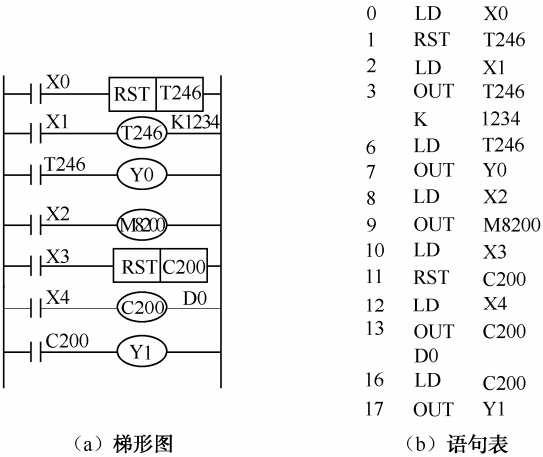


图 2.15 RST 指令用于 T、C 的使用说明

9. 脉冲输出指令 PLS、PLF

PLS 指令在输入信号上升沿产生脉冲输出，而 PLF 在输入信号下降沿产生脉冲输出，这两条指令都是 2 程序步，它们的目标元件是 Y 和 M，但特殊辅助继电器不能作为目标元件。

PLS、PLF 指令的使用说明如图 2.16 所示。使用 PLS 指令，元件 Y、M 仅在驱动输入接通后的一个扫描周期内动作（置 1），即 PLS 指令使 M0 产生一个扫描周期脉冲，而使用 PLF 指令，元件 Y、M 仅在驱动输入断开后的一个扫描周期内动作，即 PLF 指令使元件 M1 产生一个扫描周期脉冲。

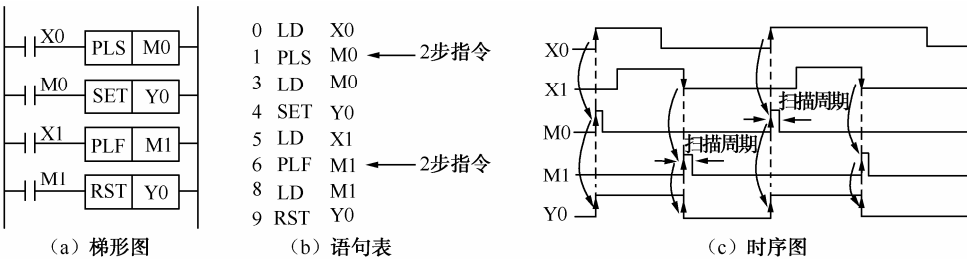


图 2.16 PLS、PLF 指令的使用说明

10. 空操作指令 NOP

NOP 指令是一条无动作、无目标的一程序步指令。可编程控制器的编程器一般都有指令

的插入和删除功能，在程序中一般很少使用 NOP 指令，执行完清除用户存储器的操作后，用户存储器的内容全部变为空操作指令。

11. 程序结束指令END

END 是一条无目标元件的一程序步指令。PLC 反复进行输入处理、程序运算、输出处理，若在程序最后写入 END 指令，则 END 以后的程序不再执行，直接进行输出处理。在程序调试过程中，按段插入 END 指令，可以顺序扩大对各程序段动作的检查。采用 END 指令将程序划分为若干段，在确定处于前面电路块的动作正确无误之后，依次删去 END 指令。要注意的是，在执行 END 指令时，监视时钟也被刷新。

知识链接 3 定时器与计数器

1. 定时器

定时器相当于继电器电路中的时间继电器，可在程序中用做延时控制。

(1) 定时器的类型。FX_{2N} 系列可编程控制器的定时器具有以下四种类型。

- ① 100ms 定时器：T0~T199（200 点），计时范围：0.1~3276.7s。
- ② 10ms 定时器：T200~T245（46 点），计时范围：0.01~327.67s。
- ③ 1ms 积算定时器：T246~T249（4 点：中断动作），计时范围：0.001~32.767s。
- ④ 100ms 积算定时器：T250~T255（6 点），计时范围：0.1~3276.7s。

(2) 定时器的工作原理。可编程控制器中的定时器是对机内 1ms、10ms、100ms 等不同规格时钟脉冲累加计时的。定时器除了占有自己编号的存储器位外，还占有一个设定值寄存器和一个当前值寄存器。设定值寄存器存放程序赋予的定时设定值。当前值寄存器记录计时当前值。这些寄存器为 16 位二进制存储器。其最大值乘以定时器的计时单位值即是定时器的最大计时范围值。定时器满足计时条件时开始计时，当前值寄存器则开始记数，当它的当前值与设定值寄存器存放的设定值相等时定时器动作，其常开触点接通，常闭触点断开，并通过程序作用于控制对象，达到时间控制的目的。

(3) 普通定时器与积算定时器的使用。如图 2.17 所示为定时器在梯形图中使用的情况。图 2.17（a）所示为普通定时器。图 2.17（b）所示为积算定时器。图 2.17（a）中 X001 为计时条件，当 X001 接通时，定时器 T10 计时开始。K20 为设定值。十进制数“20”为该定时器计时单位值的倍数。T10 为 100ms 定时器，当设定值为“K20”时，其计时时间为 2s。图中 Y010 为定时器的工作对象。当计时时间到，定时器 T10 的常开触点接通，Y010 置 1。在计时过程中，计时条件 X001 断开或 PLC 电源停电，计时过程中止且当前值寄存器复位（置 0）。若 X001 断开或 PLC 电源停电发生在计时过程完成且定时器的触点已动作时，触点的动作也不能保持。

若把定时器 T10 换成积算定时器 T250，情况就不一样了。积算定时器在计时条件失去或 PLC 失电时，其当前值寄存器的内容及触点状态均可保持，可在多次断续的计时过程中“累计”计时时间，所以称为“积算”。如图 2.17（b）所示为积算定时器 T250 的工作梯形图。因积算定时器的当前值寄存器及触点都有记忆功能，必须在程序中加入专门的复位指令。图中 X002 即为复位条件。当 X002 执行“RST T250”指令时，T250 的当前值寄存器及触点同时置 0。

定时器可采用十进制常数（K）作为设定值，也可用后述的数据寄存器的内容做间接指定。

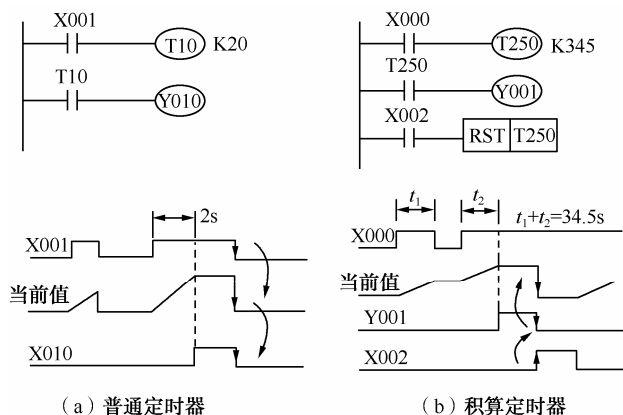


图 2.17 定时器的使用

2. 计数器

计数器在程序中用做计数控制。FX_{2N} 系列可编程控制器计数器可分为内部计数器及外部计数器。内部计数器是对机内元件（X、Y、M、S、T 和 C）的信号计数的计数器。由于机内信号的频率低于扫描频率，内部计数器是低速计数器，也称普通计数器。对高于机器扫描频率的信号进行计数，需用高速计数器。机内高速计数器的使用将在后续章节介绍。现将普通计数器分类介绍如下。

(1) 16 位增计数器（设定值：1~32767）。有两种 16 位二进制增计数器，通用的 C0~C99（100 点）和掉电保持用的 C100~C199（100 点）。

16 位是指其设定值及当前值寄存器为二进制 16 位寄存器，其设定值在 K1~K32767 范围内有效。设定值 K0 与 K1 意义相同，均在第一次计数时，其触点动作。

如图 2.18 所示为 16 位增计数器的工作过程。图中计数输入 X011 是计数器的工作条件，X011 每次接通驱动计数器 C0 的线圈时，计数器的当前值加 1。“K10”为计数器的设定值。当第 10 次执行线圈指令时，计数器的当前值和设定值相等，触点就动作。计数器 C0 的工作对象 Y000 接通，在 C0 的常开触点置 1 后，即使计数器输入 X011 再动作，计数器的当前状态保持不变。

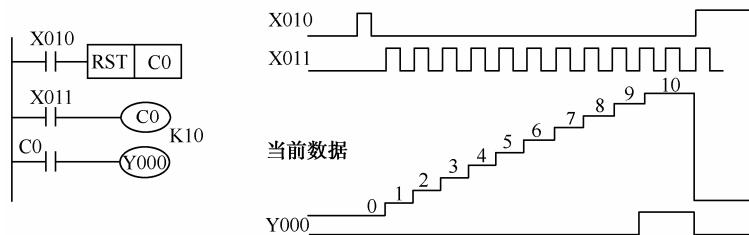


图 2.18 16 位增计数器的工作过程

由于计数器的工作条件 X011 本身就是断续工作的，外电源正常时，其当前值寄存器具有记忆功能，因而即使是非掉电保持型的计数器也需要复位指令才能复位。图中 X010 为复位条件。当复位输入 X010 接通时，执行 RST 指令，计数器的当前值复位为 0，输出触点也复位。

计数器的设定值，除了常数设定外，也可通过数据寄存器间接设定。

使用计数器 C100~C199 时，即使停电，当前值和输出触点的置位/复位状态也能保持。

(2) 32 位增/减计数器（设定值：-2147483648~+2147483647）。有两种 32 位的增/减计

数器，通用的 C200~C219（20 点）和掉电保持用的 C220~C234（15 点）。
32 位是指其设定值寄存器为 32 位。由于是双向计数，32 位的首位为符号位。设定值的最大绝对值为 31 位二进制数所表示的十进制数，即为-2147483648~+2147483647。设定值可直接用数据或间接用数据寄存器的内容。间接设定时，要用元件号紧连在一起的两个数据寄存器。
计数的方向（增计数器或减计数器）由特殊辅助继电器 M8200~M8234 设定。
对于 C×××，当 M8×××接通（置 1）时为减法计数，当 M8×××断开（置 0）时为加法计数。

如图 2.19 所示为 32 位增/减计数器的动作过程。图中 X014 作为计数输入驱动 C200 线圈进行加计数或减计数。X012 为计数方向选择。计数器设定值为-5。当计数器的当前值由-6 增加为-5 时，其触点置 1，由-5 减小为-6 时，其触点置 0。

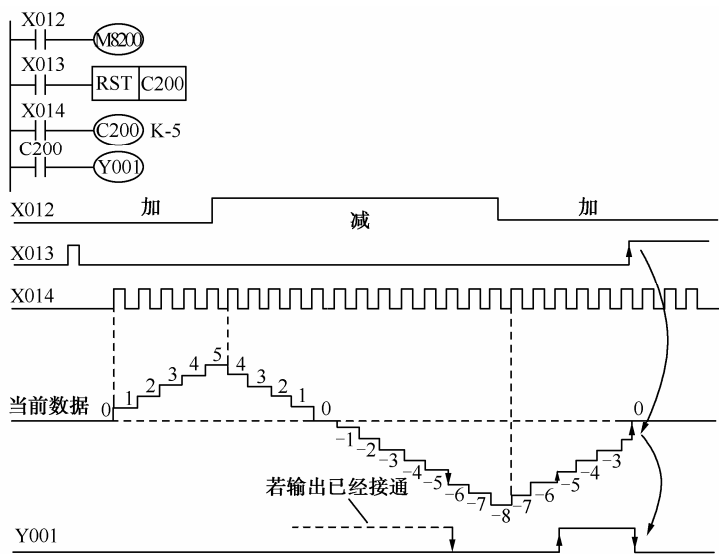


图 2.19 32 位增/减计数器的工作过程

32 位增/减计数器为循环计数器。当前值的增减虽与输出触点的动作无关，但从 +2147483647 起再进行加计数，当前值就变成-2147483648。从-2147483648 起再进行减计数，则当前值变为+2147483647。
当复位条件 X013 接通时，执行 RST 指令，则计数器的当前值为 0，输出触点也复位；使用断电保持计数器，其当前值和输出触点状态皆能断电保持。
32 位计数器可当做 32 位数据寄存器使用，但不能用做 16 位指令中的操作元件。

任务 2 定时器 and 计数器实训

- 1. 实训目的
 - (1) 掌握定时器、计数器指令的编程方法。
 - (2) 掌握定时器、计数器常数的设置。
 - (3) 掌握定时器、计数器的使用技巧。

2. 实训内容和步骤

(1) 延时接通电路实训。如图 2.20 所示是延时接通电路的梯形图，给 X0 一个输入信号，经 2s 延时接通 Y0，对应的指示灯亮；再经 2s 延时接通 Y1，再经 20s 延时，接通 Y2，对应的指示灯亮，然后再经过 2s 后 Y3 有输出。当 X1 有输入时，所有输出立即复位。

实训步骤：按照梯形图输入指令语句，检查输入程序的正确性，操作 PLC 运行程序，当 X0 从 OFF 到 ON 变化时，观察各输出的变化。

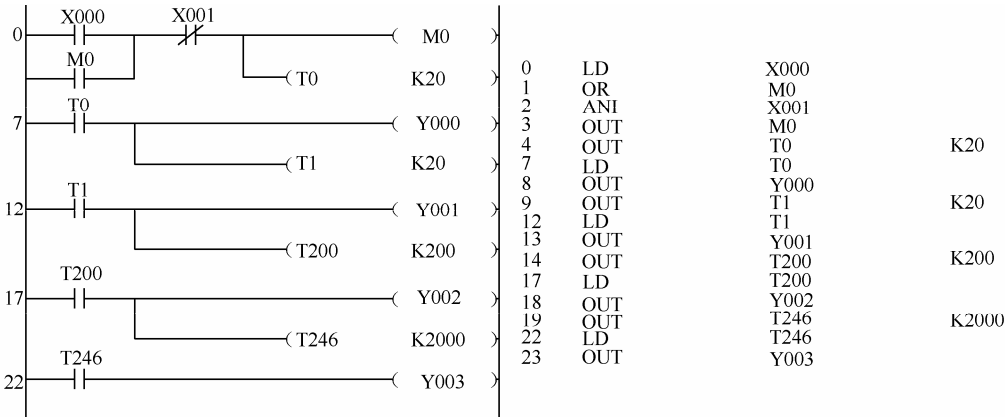


图 2.20 延时接通电路

(2) 延时断开电路程序的实训。如图 2.21 所示是延时断开电路，给 X0 一个输入信号，Y0 输出经 4s 延时后指示灯灭。将 X0 接通一下，经 2s 延时后再接通一下。注意：Y0 从 X0 第二次接通后是经 2s 还是 4s 后断开的？将 X1 接通一下，Y10 输出，经 4s 延时后，Y10 断开。将 X1 接通一下，经 2s 延时后再接通一下。请思考：Y10 从 X1 第 2 次接通后，是经 2s 还是 4s 后断开的？

根据运行结果，分析积算定时器和非积算定时器的异同点。

(3) 脉冲振荡电路。如图 2.22 所示是脉冲振荡电路，此电路可以产生周期为 50s 的脉冲信号，当 X0 闭合后经过 30s，其常开触点闭合，T51 线圈得电开始延时，经过 20s 后 T51 触点动作，其常闭触点使 T50 线圈失电，T50 常开触点又使 T51 断开，一个周期结束。在一个周期中，T50 的触点闭合 20s，断开 30s，而 T51 的触点只闭合一个扫描周期的时间。

实训步骤：按照梯形图输入指令语句，检查输入程序的正确性，操作 PLC 运行程序，手动输入信号 X0=ON，观察 PLC 输出端 Y0 的状态变化，并画出波形图。

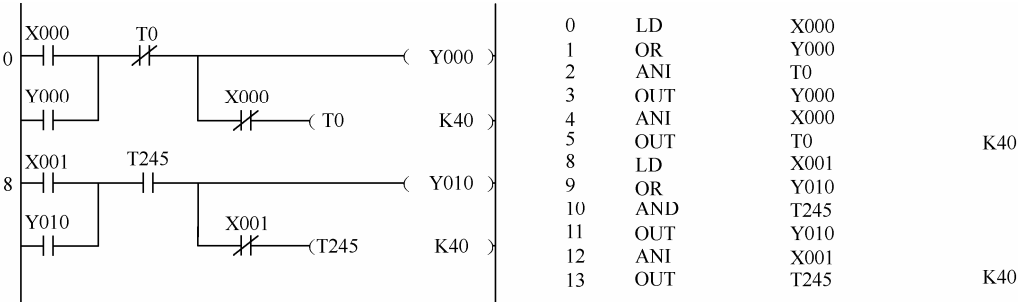


图 2.21 延时断开电路

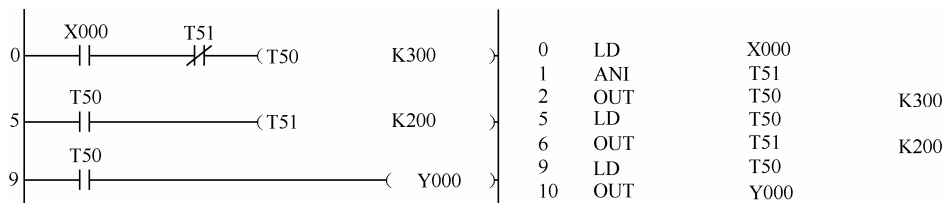


图 2.22 脉冲振荡电路

(4) 定时器的扩展。若将几个定时器串联使用或者将定时器和计数器串联使用，可以实现扩充设定值的目的，如图 2.23 所示是定时器的扩展电路，图中通过两个定时器的串联，可以实现 1300s 的延时，在图中，当 X0 为 ON 时，T0 就开始计时，当到达 800s 时，T0 所带的常开触点闭合，使 T1 得电开始计时，再延时 500s 后，T1 的常开触点闭合，Y0 线圈得电，获得 1300s 的输出信号。

实训步骤：按照梯形图输入指令语句，检查输入程序的正确性，操作 PLC 运行程序手动操作 X0=1，观察 Y0 的状态变化，画出 Y0 的波形图。

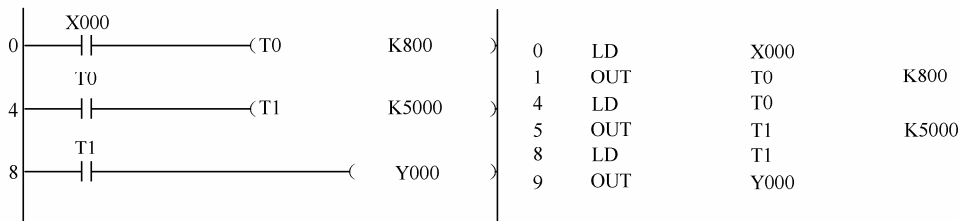


图 2.23 定时器扩展电路

(5) 定时器和计数器的组合使用。如图 2.24 所示为定时器和计数器的组合使用，该电路可以获得 30000s 的延时，当 X0 闭合时，T0 线圈得电开始计时，当延时 100s 后，T0 的常闭触点断开，使 T0 自身复位，在 T0 线圈再次得电后又可以开始计时，在电路中，T0 的常开触点每隔 100s 闭合一次，计数器计一次，当计到 300 次时，C0 的常开触点闭合，Y1 线圈得电闭合，从而实现 Y1 线圈从 X0 为 ON 时刻起，延时 300×100s 才会有输出，X4 用于计数器复位。

实训步骤：按照梯形图输入指令语句，检查程序的正确性，操作 PLC 运行程序，手动操作输入信号 X0 为 ON，观察输出 Y1 的状态，并画出波形图。

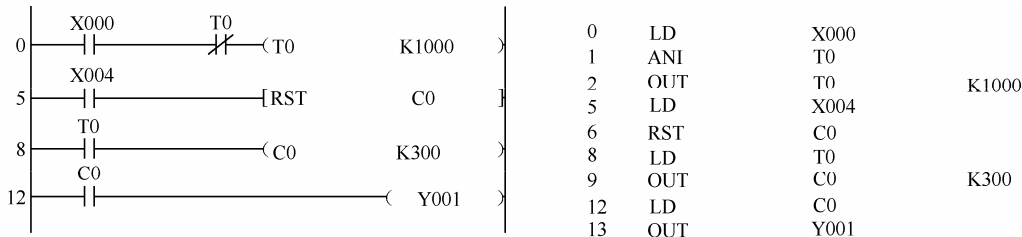


图 2.24 定时器和计数器的组合

任务 3 三相异步电动机的正反转控制

1. 实训目的

- (1) 掌握梯形图和语句表的编程规则。
- (2) 应用 PLC 技术实现对三相异步电动机的控制。
- (3) 训练编程的思想和方法。

2. 控制要求

如图 2.25 所示是三相异步电动机正、反转运行电路，KM1 为电动机正向运行交流接触器，KM2 为电动机反向运行交流接触器，SB1 为正向启动按钮，SB3 为反向启动按钮，SB2 为停止按钮，KH 为过载保护热继电器。当按下 SB1 时，KM1 的线圈通电吸合，KM1 主触点闭合，电动机开始正向运行，同时 KM1 的辅助常开触点闭合而使 KM1 线圈保持吸合，实现了电动机的正向连续运行，直到按下停止按钮 SB2；反之，当按下 SB3 时，KM2 的线圈通电吸合，KM2 主触点闭合，电动机开始反向运行，同时 KM2 的辅助常开触点闭合而使 KM2 线圈保持吸合，实现了电动机的反向连续运行，直到按下停止按钮 SB2；KM1、KM2 线圈互锁确保不同时通电，本任务研究用 PLC 实现三相异步电动机的正、反转控制电路。

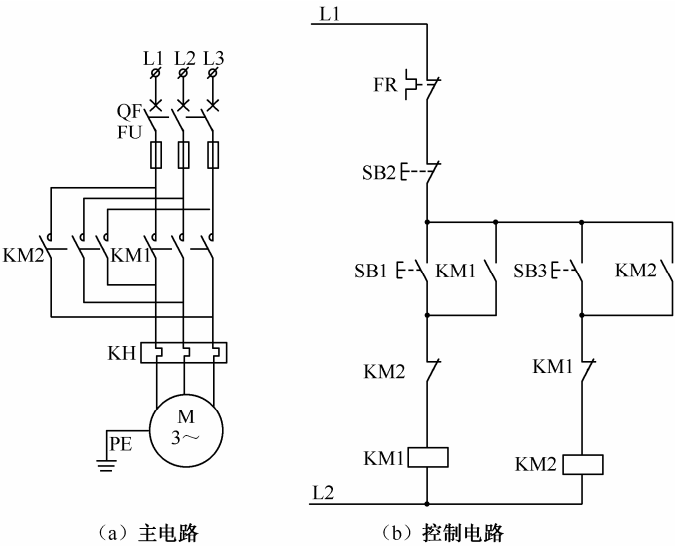


图 2.25 三相异步电动机正、反转运行电路

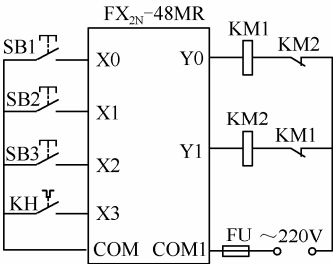
3. 实训内容和步骤

- (1) 输入/输出端口配置。

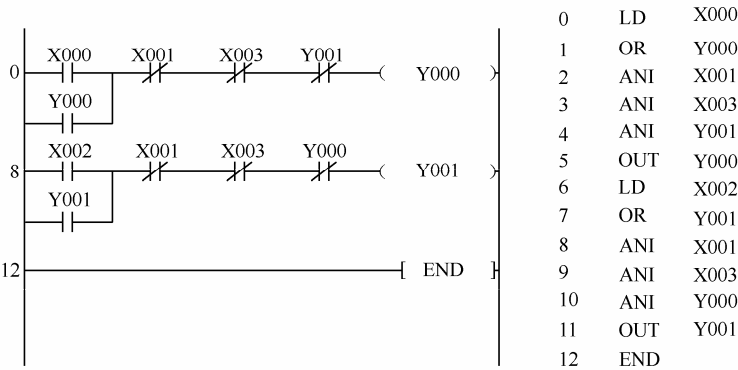
输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
正向启动按钮 SB1	X0	正向运行用交流接触器 KM1	Y0
停止按钮 SB2	X1	反向运行用交流接触器 KM2	Y1
反向启动按钮 SB3	X2		
过载保护 KH	X3		

- (2) 根据输入输出点分配，画出 PLC 的接线图。参考接线图如图 2.26 (a) 所示。
- (3) 按控制要求设计梯形图和语句表。
- (4) 输入程序并进行调试。
- (5) 参考梯形图如图 2.26 (b) 所示。

如果按下 SB1，X0 接通，X0 的常开触点闭合，驱动 Y0 动作，使 Y0 外接的 KM1 线圈吸合，KM1 的主触点闭合，主电路接通，电动机 M 正向运行，同时梯形图中 Y0 的常开触点接通，使得 Y0 的输出保持，起到自保作用，维持电动机 M 的连续正向运行，另外 Y0 的常闭触点断开，确保在 Y0 接通时，Y1 不能接通，起到互保作用。直到按下 SB2，此时 X1 接通，常闭触点断开，使 Y0 断开，Y0 外接的 KM1 线圈释放，KM1 的主触点断开，主电路断开，电动机 M 停止运行。同理分析反向运行。



(a) 接线图



(b) 梯形图和指令表

图 2.26 PLC 实现电动机连续运行控制

任务 4 三电机的循环启停运转控制设计

1. 实训目的

- (1) 掌握用经验法编写 PLC 控制程序的方法。
- (2) 掌握用计数器作为定时控制的技巧。
- (3) 学会程序的输入和试调。

2. 控制要求

三台电机接于 Y1、Y2、Y3。要求它们相隔 5s 启动，各运行 10s 停止，并循环进行。控制时序关系如图 2.27 所示。

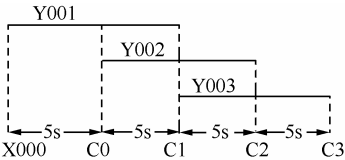


图 2.27 三电机控制时序图

3. 实训内容和步骤

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮	X0	电机 1	Y1
		电机 2	Y2
		电机 3	Y3

(2) 画出 I/O 接线图。

(3) 用 FX_N 系列 PLC 按工艺要求画出梯形图, 写出语句表。

(4) 输入程序并进行调试。

(5) 工作原理。由时序图可知，三个电机 Y1、Y2、Y3 的控制逻辑和时间间隔 5s 的时间点上都有电机启停，因此可以利用计数器来设计程序，具体做法是：设计 X0 为电机运行开始的时刻，定时器 T0 设置为 5s 震荡器，用计数器 C0、C1、C2、C3 作为一个循环过程中的时间点，循环功能借助 C3 对全部计数器实现复位。梯形图中 Y1、Y2、Y3 支路都是典型的启动、自保、停止电路，其中，启动和停止条件均由“时间点”组成。

(6) 参考梯形图如图 2.28 所示。

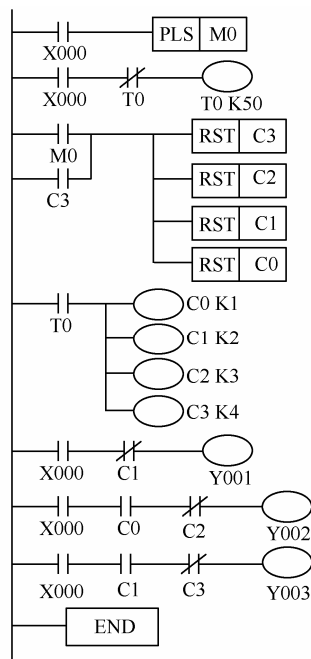


图 2.28 三电机控制梯形图

任务5 十字路口交通灯控制

1. 实训目的

熟练使用基本指令，根据控制要求，掌握 PLC 的编程方法和程序调试方法，能够使用 PLC 解决实际问题。

2. 控制要求

信号灯受一个启动开关控制，当启动开关接通时，信号灯系统开始工作，先南北红灯亮，再东西绿灯亮。当启动开关断开时，所有信号灯都熄灭；南北红灯亮维持 25s，在南北红灯亮的同时东西绿灯也亮，并维持 20s；到 20s 时，东西绿灯闪亮，闪亮 3s 后熄灭。在东西绿灯熄灭时，东西黄灯亮，并维持 2s。到 2s 时，东西黄灯熄灭，东西红灯亮，同时，南北红灯熄灭，绿灯亮，东西红灯亮维持 30s。南北绿灯亮维持 20s，然后闪亮 3s 后熄灭。同时南北黄灯亮，维持 2s 后熄灭，这时南北红灯亮，东西绿灯亮。周而复始，如图 2.29 所示。

3. 实训内容和步骤

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动开关 SD	X0	南北 R	Y2

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
		南北 Y	Y1
		南北 G	Y0
		东西 R	Y5
		东西 Y	Y4
		东西 G	Y3

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺要求画出梯形图，写出语句表。
- (4) 输入程序并进行调试。
- (5) 参考梯形图如图 2.30 所示。

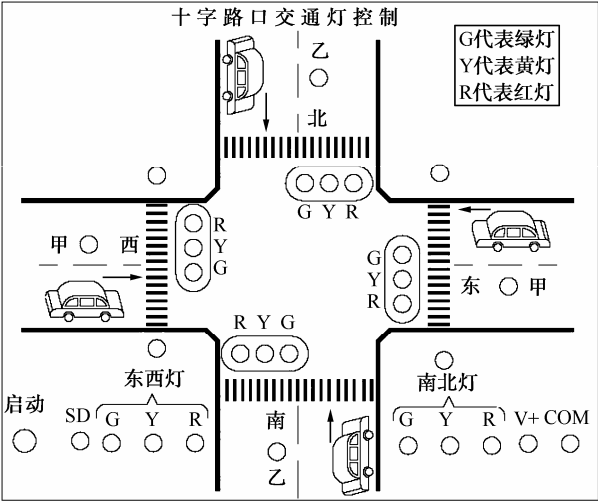


图 2.29 十字路口红绿灯工艺图

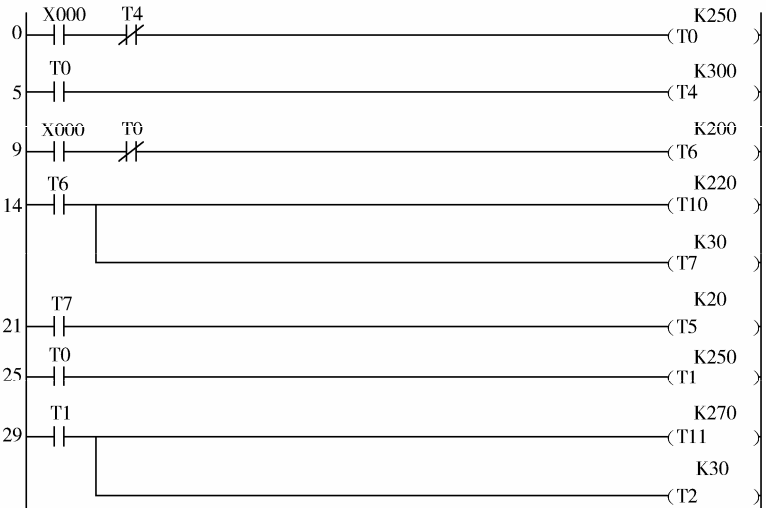


图 2.30 十字路口交通灯控制参考梯形图

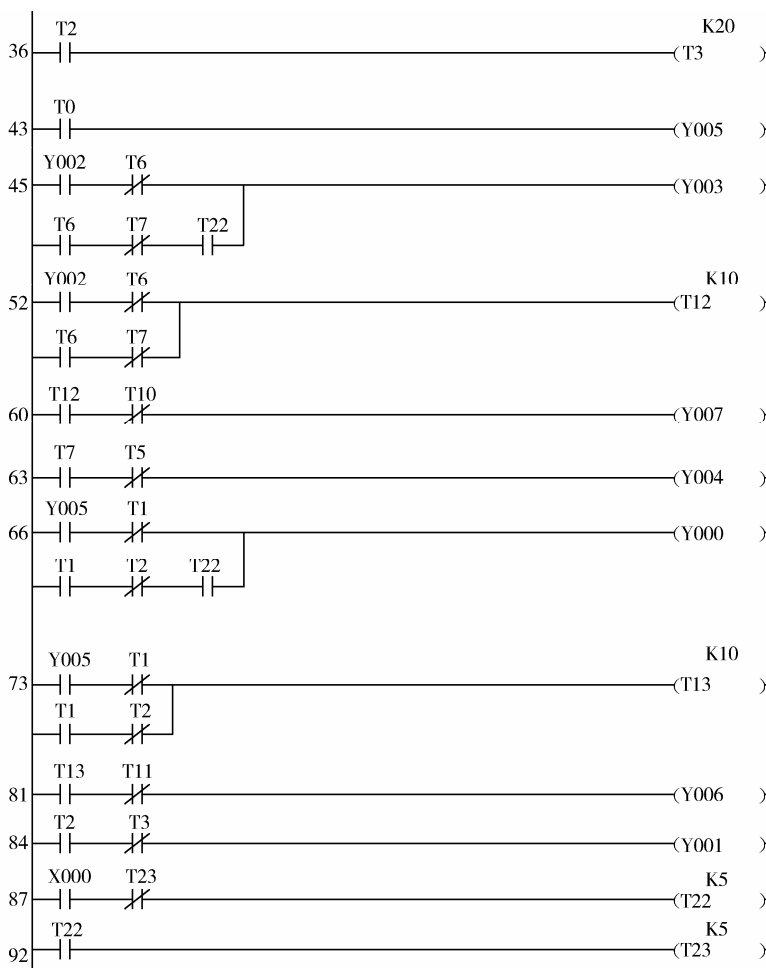


图 2.30 十字路口交通灯控制参考梯形图（续）

任务 6 三相鼠笼式异步电动机星/三角形换接启动控制

1. 实训目的

了解用 PLC 控制代替传统接线控制的方法，编制程序从而控制电机的降压启动。

2. 控制要求

按启动按钮 SB1，X0 的动合触点闭合，M20 线圈得电，M20 的动合触点闭合，同时 Y0 线圈得电，即接触器 KM1 的线圈得电，1s 后 Y3 线圈得电，即接触器 KM4 的线圈得电，电动机做星形连接启动；6s 后 Y3 的线圈失电，同时 Y2 线圈得电，电动机转为三角形运行方式，按下停止按钮 SB3，电机停止运行，如图 2.31 所示。

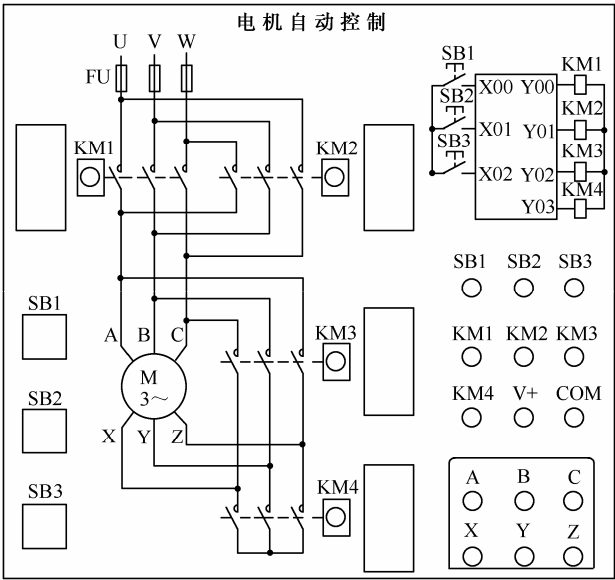


图 2.31 异步电动机的星/三角形换接启动控制

3. 实训内容和步骤

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 SB1	X0	交流接触器 KM1	Y0
停止按钮 SB3	X2	交流接触器 KM3	Y2
		交流接触器 KM4	Y3

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺要求画出梯形图，写出语句表。
- (4) 输入程序并进行调试。
- (5) 参考梯形图如图 2.32 所示。

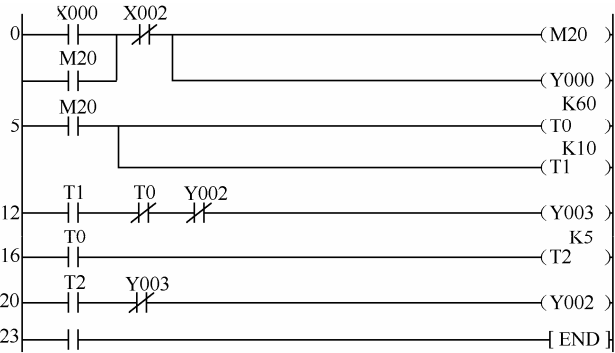


图 2.32 异步电动机的星/三角形换接启动控制梯形图

任务 7 装配流水线的模拟控制

1. 实训目的

了解移位寄存器在控制系统中的应用及针对移位寄存器指令的编程方法。

2. 控制要求

在本实训中，传送带共有 20 个工位。工件从 1 号位装入，依次经过 2 号位、3 号位、…、16 号位。在这个过程中，工件分别在 A（操作 1）、B（操作 2）、C（操作 3）三个工位完成三种装配操作，经最后一个工位后送入仓库。这里所说的其他工位均用于传送工件，如图 2.33 所示。

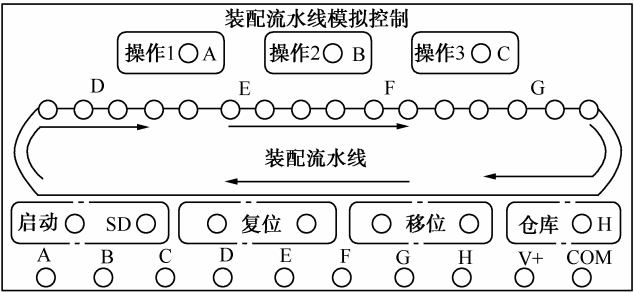


图 2.33 装配流水线的模拟控制

3. 实训内容和步骤

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮	X0	A	Y0
移位按钮	X1	B	Y1
复位按钮	X2	C	Y2
		D	Y3
		E	Y4
		F	Y5
		G	Y6
		H	Y7

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺要求画出梯形图，写出语句表。
- (4) 输入程序并进行调试。
- (5) 参考梯形图如图 2.34 所示。

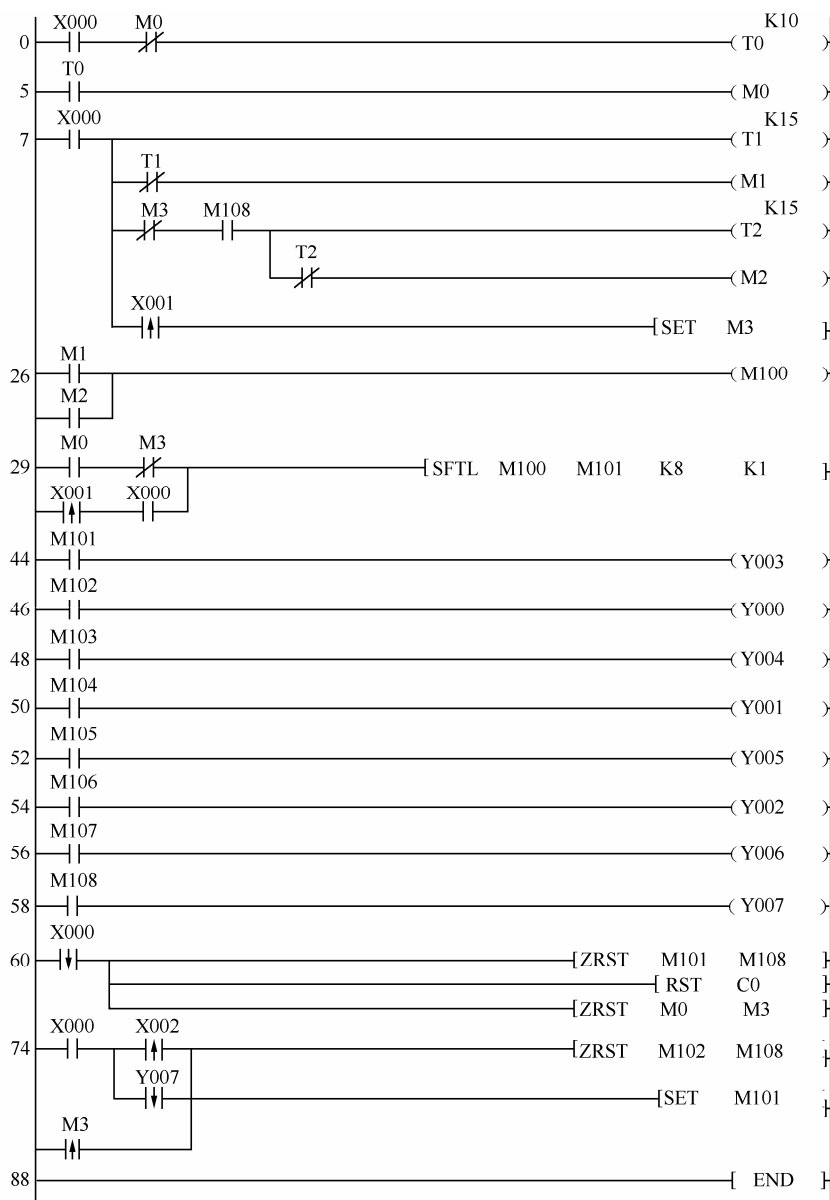


图 2.34 装配流水线的模拟控制参考梯形图

任务 8 自动配料系统的模拟控制

1. 实训目的

- (1) 掌握 PLC 的编程和程序调试。
- (2) 了解现代工业中自动配料系统的工作过程和编程方法。

2. 控制要求

如图 2.35 所示, 系统启动后, 配料装置能自动识别货车到位情况并自动对货车进行配料, 当车装满时, 配料系统能自动关闭。系统工作过程如下所述。

(1) 初始状态: 红灯 L2 灭, 绿灯 L1 亮, 表明允许汽车开进装料。料斗出料口 D2 关闭,

若料位传感器 S1 置为 OFF（料斗中的物料不满），进料阀开启进料（D4 亮）。当 S1 置为 ON（料斗中的物料已满），则停止进料（D4 灭）。电动机 M1、M2、M3 和 M4 均为 OFF。

（2）装车控制：装车过程中，当汽车开进装车位置时，限位开关 SQ1 置为 ON，红灯信号灯 L2 亮，绿灯 L1 灭；同时启动电机 M4，经过 2s 后，再启动 M3，再经 2s 后启动 M2，再经过 2s，最后启动 M1，再经过 2s 后，才打开出料阀（D2 亮），物料经料斗出料。

当车装满时，限位开关 SQ2 为 ON，料斗关闭，2s 后 M1 停止，M2 在 M1 停止 2s 后停止，M3 在 M2 停止 2s 后停止，M4 在 M3 停止 2s 后最后停止。同时红灯 L2 灭，绿灯 L1 亮，表明汽车可以开走。

（3）停机控制：按下停止按钮 SB2，自动配料装车的整个系统终止运行。

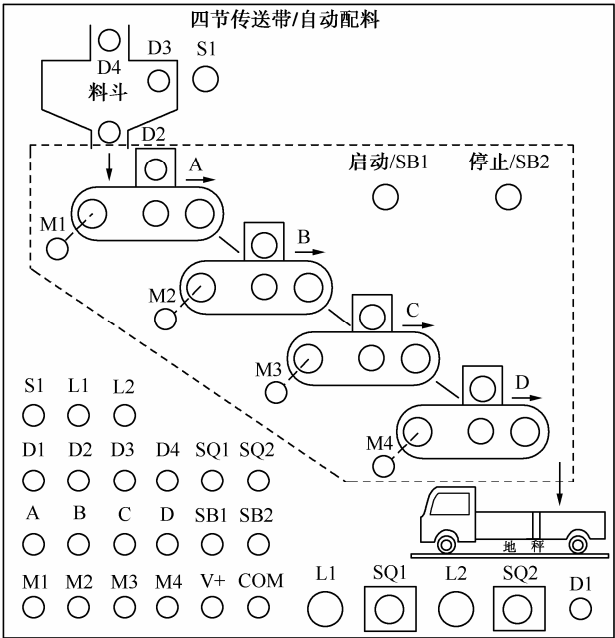


图 2.35 自动配料系统的模拟控制图

3. 实训内容和步骤

（1）输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮	X0	D1	Y0
停止按钮	X1	D2	Y1
料位传感器 S1	X2	D3	Y2
限位开关 SQ1	X3	D4	Y3
限位开关 SQ2	X4	L1	Y4
		L2	Y5
		M1	Y6
		M2	Y7
		M3	Y10
		M4	Y11

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺要求画出梯形图，写出语句表。
- (4) 输入程序并进行调试。
- (5) 参考梯形图如图 2.36 所示。

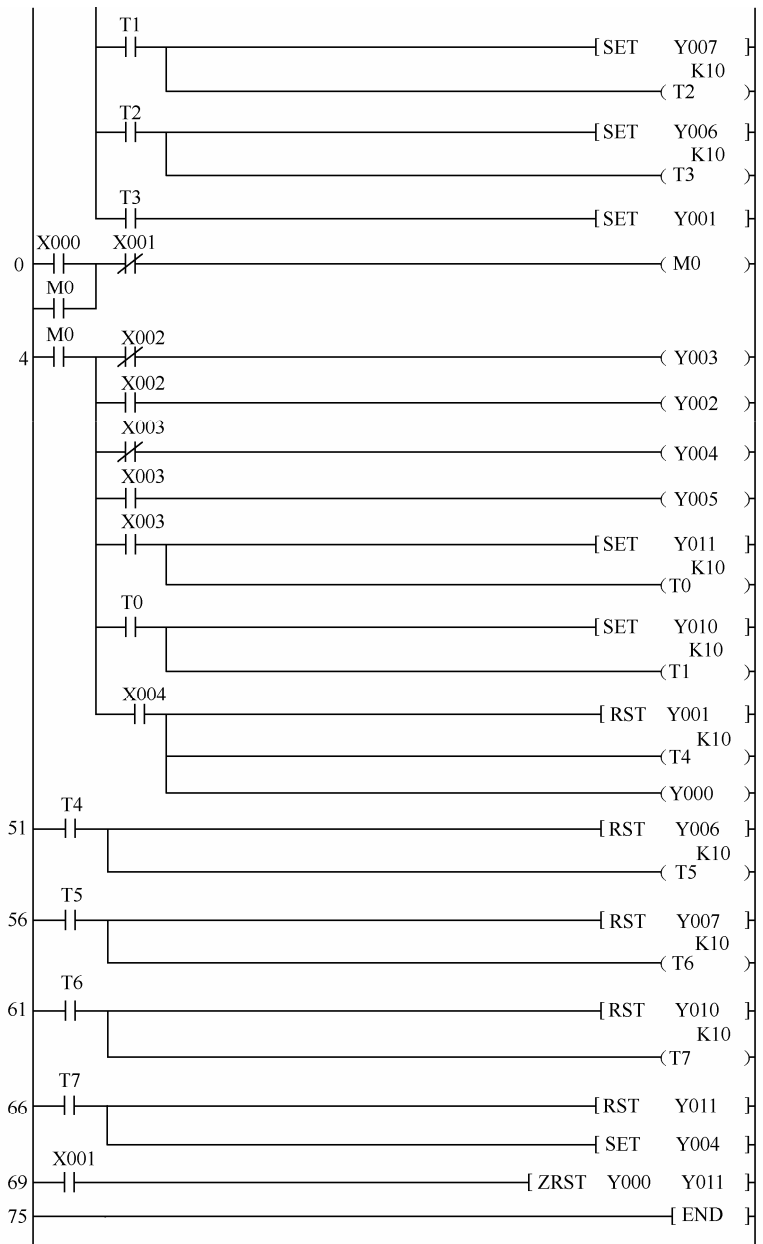


图 2.36 自动配料系统的模拟控制参考梯形图

任务 9 轧钢机控制系统的模拟

1. 实训目的

用 PLC 构成轧钢机控制系统，熟练掌握 PLC 的编程和程序的调试方法。

2. 控制要求

如图 2.37 所示，当启动按钮 SD 按下，电机 M1、M2 运行，传送钢板，检测传送带上有无钢板的传感器 S1 的信号，若开关为 ON，表示有钢板，电机 M3 正转（MZ 灯亮）；S1 的信号消失（即开关为 OFF），检测传送带上钢板到位后的传感器 S2 有无信号，若开关为 ON，表示钢板到位，电磁阀动作（YU1 灯亮），电机 M3 反转（MF 灯亮）。给一个向下的压力量，S2 信号消失，S1 有信号，电机 M3 正转，重复上述过程。

传感器 S2 第一次接通，发光管 A 亮，表示有一个向下的压力量，第二次接通时，A、B 两个发光管亮，表示有两个向下的压力量，第三次接通时，A、B、C 三个发光管亮，表示有三个向下的压力量，若此时 S2 向下压下，则在传感器 S2 第三次接通断开时，电磁阀 YU1 灯灭，“A、B、C”全灭，“M2”灯亮，送走钢板，按下启动开关，系统停止工作。

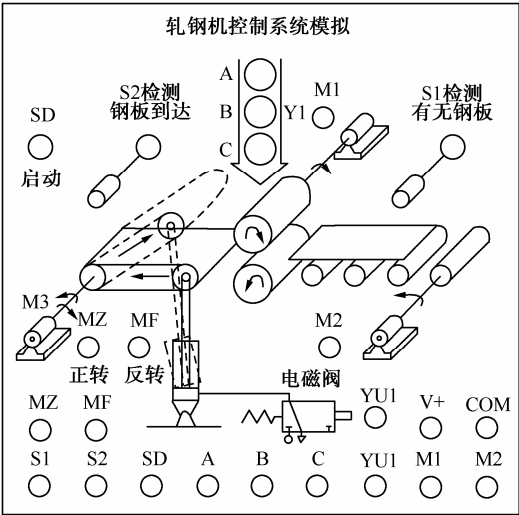


图 2.37 轧钢机控制系统的模拟图

3. 实训内容和步骤

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动开关 SD	X0	电机 M1	Y0
传感器 S1	X1	电机 M2	Y1
传感器 S2	X2	电机 M3 正转灯 MZ	Y2
		电机 M3 反转灯 MF	Y3
		发光管 A	Y4

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
		发光管 B	Y5
		发光管 C	Y6
		电磁阀 YU1	Y7

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺要求画出梯形图，写出语句表。
- (4) 输入程序并进行调试。
- (5) 参考梯形图如图 2.38 所示。

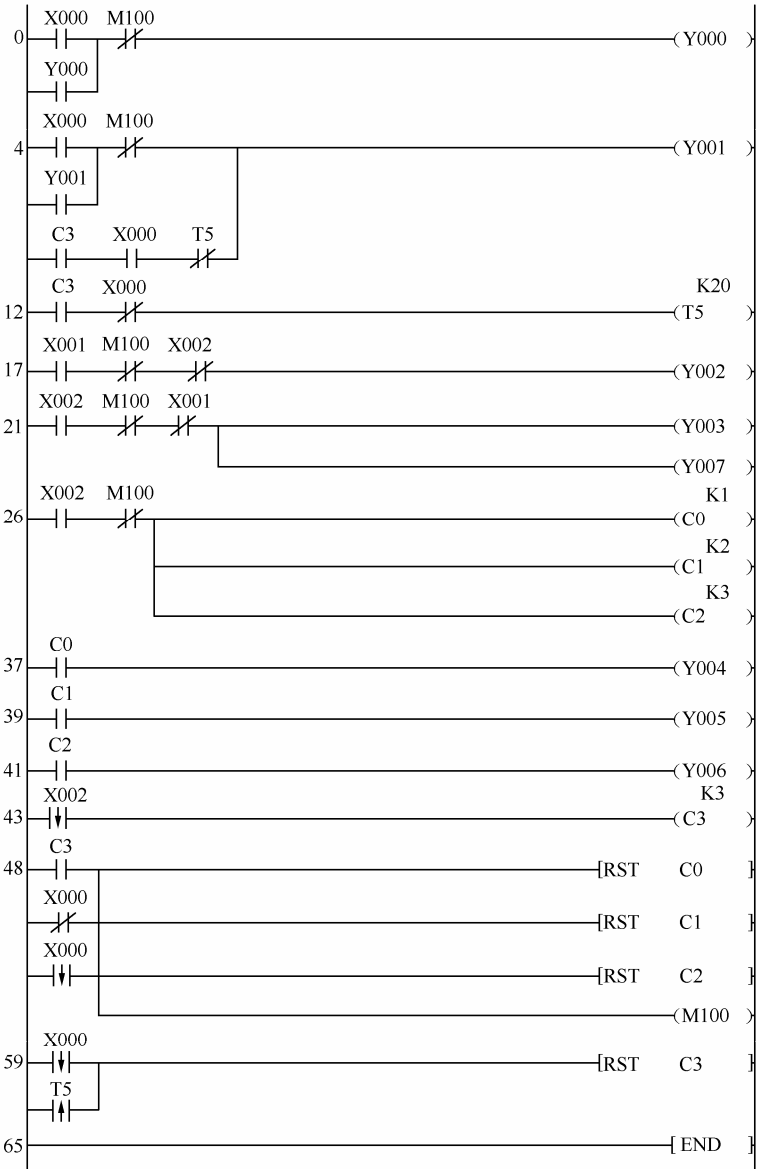


图 2.38 轧钢机控制系统的模拟参考梯形图

任务 10 邮件分拣系统模拟

1. 实训目的

用 PLC 构成邮件分拣系统，熟练掌握 PLC 编程和程序的调试方法。

2. 控制要求

启动后绿灯 L1 亮，表示可以进邮件，S1 为 ON 表示模拟检测邮件的光信号检测到了邮件，拨码器模拟邮件的邮码，从拨码器读到的邮码的正常值为 1、2、3、4、5，若拨码器读到的邮码是此 5 个数中的任意一个，则红灯 L2 亮，电机 M5 运行，将邮件分拣至邮箱内，完成后 L2 灭，L1 亮，表示可以继续分拣邮件。若读到的邮码不是该 5 个数中的任意一个，则红灯 L2 闪烁，表示出错，电机 M5 停止，重新启动后重新运行，如图 2.39 所示。

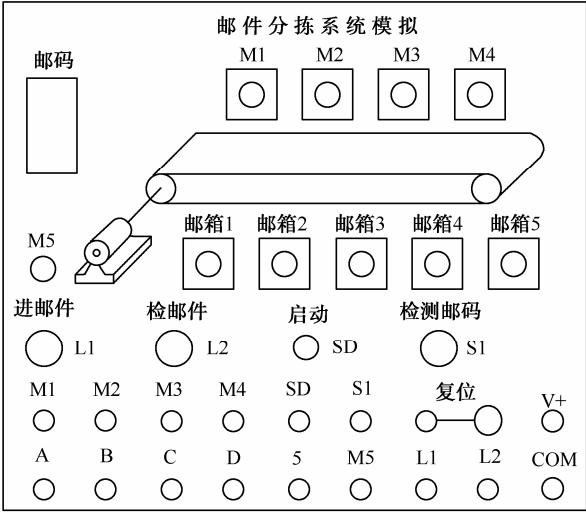


图 2.39 邮件分拣系统模拟图

3. 实训内容和步骤

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动开关 SD	X0	灯 L1	Y0
传感器 S1	X1	灯 L2	Y1
A	X2	电机 M5	Y2
B	X3	M1	Y3
C	X4	M2	Y4
D	X5	M3	Y5
复位	X6	M4	Y6
		5	Y7

(2) 画出 I/O 接线图。

(3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺要求画出梯形图，写出语句表。

- (4) 输入程序并进行调试。
- (5) 参考梯形图如图 2.40 所示。

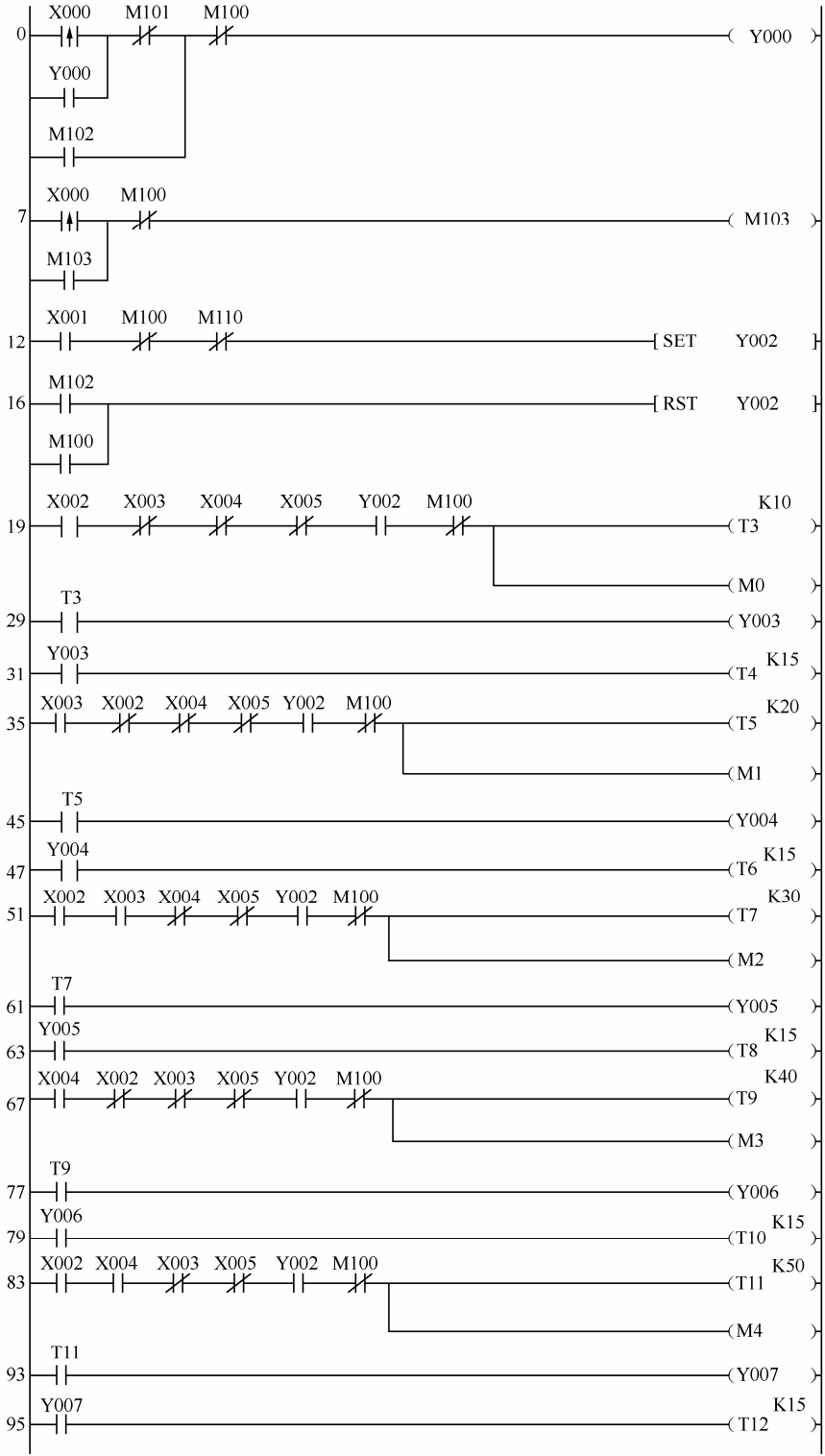


图 2.40 邮件分拣系统模拟的参考梯形图

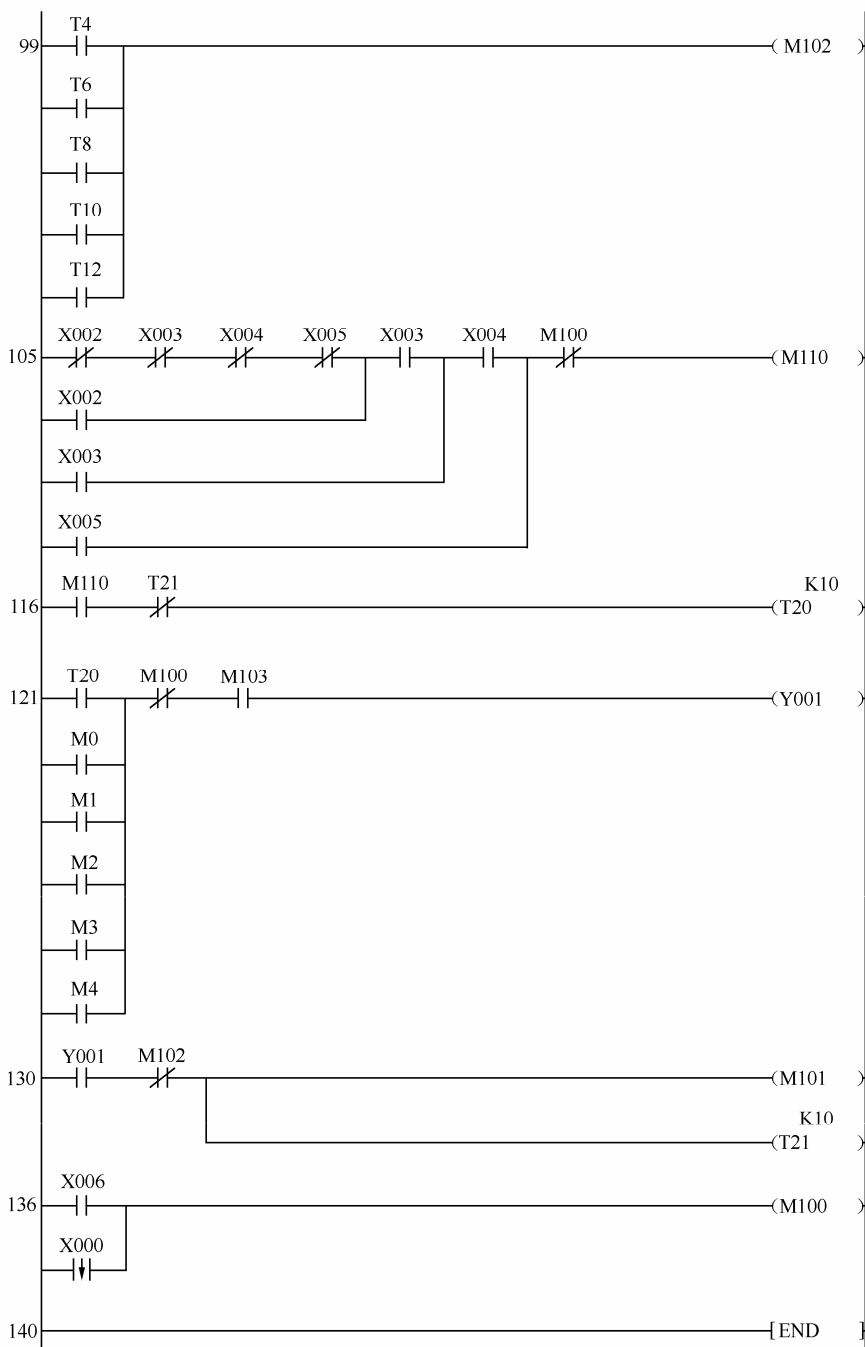


图 2.40 邮件分拣系统模拟的参考梯形图（续）

项目 3 中级维修电工PLC实训

任务 1 用PLC控制水塔水位自动运行电路系统

1. 控制要求

如图 3.1 所示，当水池水位低于水池低水位界限时，液面传感器使开关 S01 接通（ON），发出低位信号，指示灯 1 闪烁（每隔 1s 一个脉冲）；电磁阀门 Y 打开，水池进水。水位高于低水位界限时，开关 S01 断开（OFF），指示灯 1 停止闪烁。当水位升高到高于水池高水位界限时，液面传感器使开关 S02 接通（ON），电磁阀门 Y 关闭，停止进水。

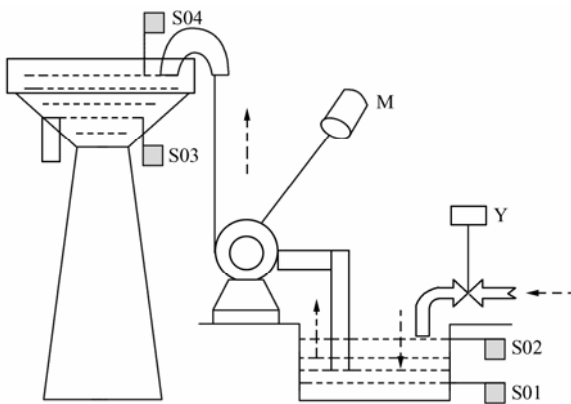


图 3.1 用 PLC 控制水塔水位自动运行电路系统示意图

如果水塔水位低于水塔低水位界限时，液面传感器使开关 S03 接通（ON），发出低位信号，指示灯 2 闪烁（每隔 2s 一个脉冲）；当此时水池水位高于水池低水位界限时，则电动机 M 运转，水泵抽水。水位高于低水位界限时，开关 S03 断开（OFF），指示灯 2 停止闪烁。水塔水位上升到高于水塔高水位界限时，液面传感器使开关 S04 接通（ON），电动机停止运行，水泵停止抽水。

电动机由接触器 KM 控制。

2. 实训内容和步骤

(1) 输入输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
水池低水位液面传感器开关 S01	X0	电磁阀 Y	Y0
水池高水位液面传感器开关 S02	X1	水池低水位指示灯 1	Y1
水塔低水位液面传感器开关 S03	X2	接触器 KM	Y2
水塔高水位液面传感器开关 S04	X3	水塔低水位指示灯 2	Y3

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺流程画出梯形图，写出语句表。
- (4) 模拟设置控制水塔水位自动运行的过程。
- (5) 对用基本指令编制的程序进行程序输入，并完成系统调试。
- (6) 参考梯形图和语句表如图 3.2 所示。

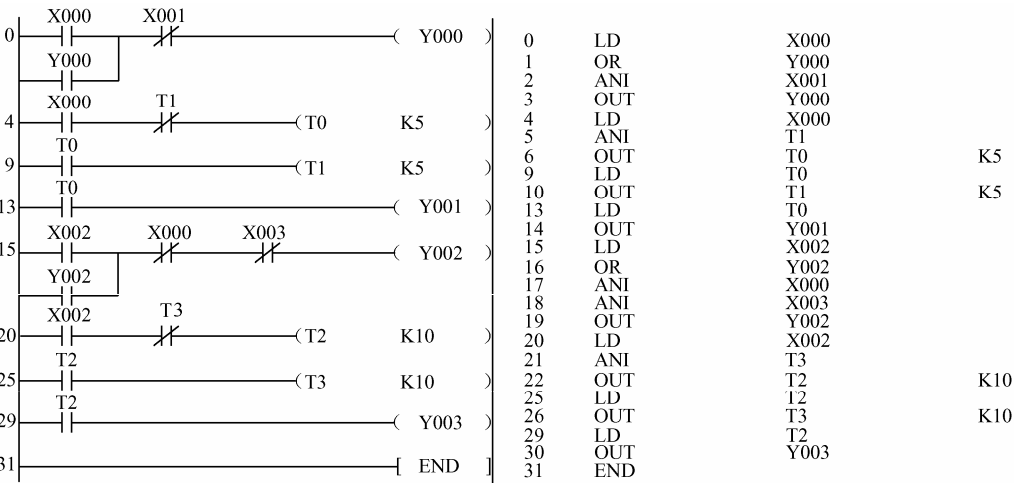


图 3.2 用 PLC 控制水塔水位自动运行电路系统的参考梯形图和语句表

当水池水位液面低于 S01（X0）时，打开水池进水电磁阀，当水位高于 S02（X1）时，关闭进水电磁阀。T0、T1 组成振荡器，T0 的方波的周期为 1s，其使水池低水位指示灯 1（Y1）以周期为 1s 进行闪烁。当水塔水位低于传感器开关 S03 且水池的水位高于水池低水位开关 S01（X0）时，启动接触器 KM，水泵抽水，T2、T3 组成振荡周期为 2s 的振荡器，使指示灯 2（Y3）在低水位时闪烁，当水塔水位高于 S04 时，接触器 KM 释放。

任务 2 用PLC控制三彩灯闪烁电路

1. 控制要求

如图 3.3 所示，彩灯电路受启动开关 S07 控制。当 S07 接通时，彩灯系统 LD1~LD3 开始顺序工作；当 S07 断开时，彩灯全熄灭。

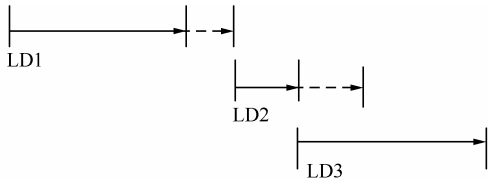


图 3.3 用 PLC 控制三彩灯闪烁电路示意图

三彩灯闪烁电路工作循环过程如下所述。

- (1) LD1 彩灯亮，延时 8s 后，闪烁三次（每个闪烁周期为亮 1s、熄 1s）。
- (2) LD2 彩灯亮，延时 2s 后，LD3 彩灯亮。

(3) LD3 彩灯亮的同时, LD2 彩灯继续亮, 并在延时 2s 后熄灭; LD3 彩灯延时 10s 后熄灭。

(4) 进入下一次循环。

2. 实训内容和步骤

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 S07	X0	彩灯 LD1	Y0
		彩灯 LD2	Y1
		彩灯 LD3	Y2

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺流程画出梯形图, 写出语句表。
- (4) 模拟设置控制三彩灯闪烁电路运行的过程。
- (5) 对用基本指令编制的程序进行程序输入, 并完成系统调试。
- (6) 参考梯形图和语句表如图 3.4 所示。

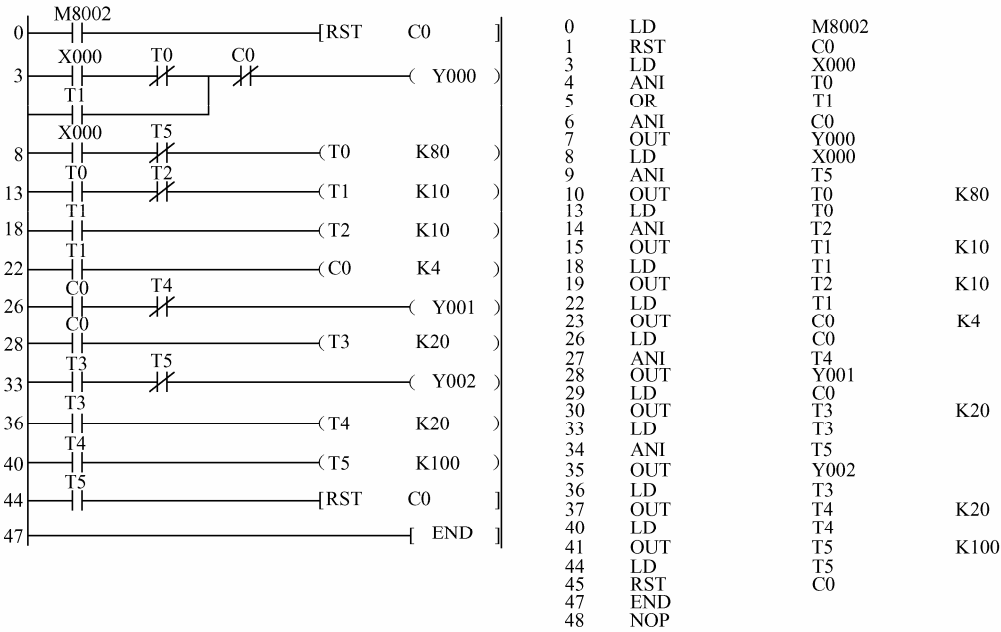


图 3.4 用 PLC 控制三彩灯闪烁电路的参考梯形图和语句表

计数器 C0 在使用前后要清零, 本题由开机脉冲 M8002 清零。按下启动按钮 S07 (X0), 彩灯 LD1 亮, 延时 8s 后, 由 T1、T2 组成的振荡器发出的脉冲通过计数器 C0 计数三次, 即闪烁三次后停止, 之后, 由计数器 C0 启动彩灯 LD2 亮, 延时 2s 后, 再启动 LD3。由 T3 开启的 2s 定时器 T4 和 10s 定时器 T5 分别作为 LD2 和 LD3 的停止时间。

任务 3 用PLC控制传输带电机的运行系统

1. 控制要求

如图 3.5 所示，某车间运料传输带分为三段，由三台电动机分别驱动，通过电机控制使载有物品的传输带运行，没载物品的传输带不运行，从而节约能源。但是，要保证物品在整个运输过程中连续地从上段运送到下段。所以，既不能使下段电机启动太早，也不能使上段电机停止太迟。

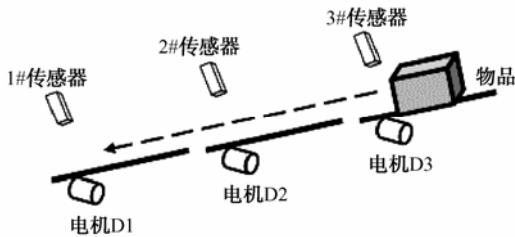


图 3.5 用 PLC 控制传输带电机的运行系统示意图

此工作的流程如下所述。

- (1) 按启动按钮 S01，电动机 D3 开始运行并保持连续工作，被运送的物品前进。
- (2) 被 3#传感器检测到传送带载有物品，启动电动机 D2，运载物品前进。
- (3) 被 2#传感器检测到传送带载有物品，启动电动机 D1，运载物品前进；延时 2s，停止电动机 D2。
- (4) 被 1#传感器检测到传送带载有物品，延时 2s，停止电动机 D1。
- (5) 上述过程不断进行，直到按下停止按钮 S02，传送立刻停止。

2. 实训内容和步骤

- (1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 S01	X0	电动机 D3	Y0
停止按钮 S02	X1	电动机 D2	Y1
3#传感器	X2	电动机 D1	Y2
2#传感器	X3		
1#传感器	X4		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺流程画出梯形图，写出语句表。
- (4) 模拟设置控制传输带电机的运行系统的工作过程。
- (5) 对用基本指令编制的程序进行程序输入，并完成系统调试。
- (6) 参考梯形图和语句表如图 3.6 所示。

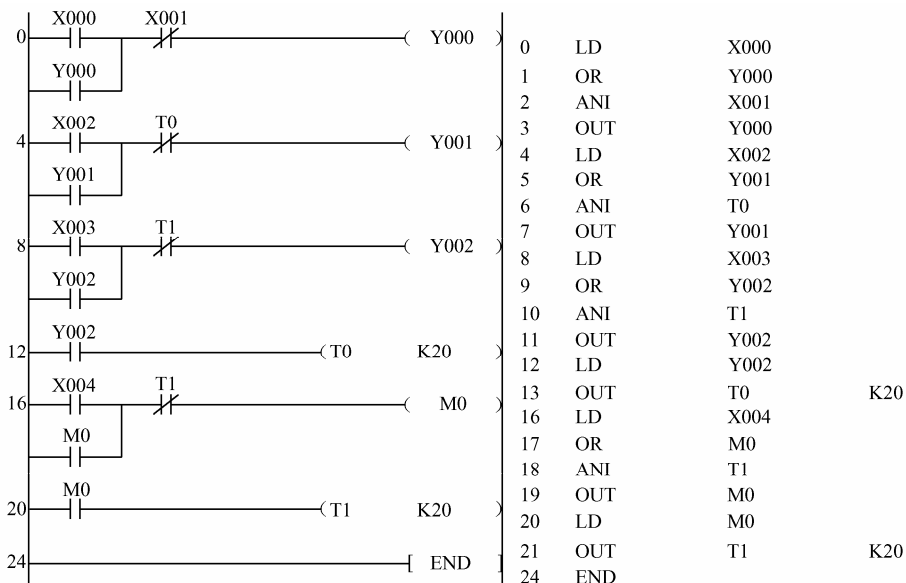


图 3.6 用 PLC 控制传输带电机的运行系统的参考梯形图和语句表

传输带的 3 个电动机都是按照启、保、停的工作原理设计，电动机 D3 的启动条件是 X0 和 X1，电动机 D2 的启动条件是 3#传感器，而停止条件是电动机 D3 启动后延时 2s 后停止。同理，电动机 D3 的启动条件是 2#传感器，停止条件是 1#传感器接通后延时 2s 后停止。

任务 4 用PLC控制智力竞赛抢答装置

1. 控制要求

如图 3.7 所示为用 PLC 控制智力竞赛抢答装置的示意图，主持人有一个总停开关 S06，控制三个抢答桌。主持人说出题目并按动启动开关 S07 后，谁先按按钮，谁的桌子上的灯就先亮。当主持人按总停开关 S06 后，灯才会熄灭，否则一直亮着。

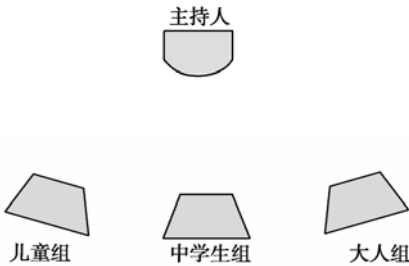


图 3.7 用 PLC 控制智力竞赛抢答装置的示意图

三个抢答桌的按钮是这样安排的：一是儿童组，抢答桌上有两个按钮 S01 和 S02，采用并联形式，无论按哪一个，桌上的灯 LD1 都亮；二是中学生组，抢答桌上只有一个按钮 S03，且只有一个人，一按按钮灯 LD2 即亮；三是大人组，抢答桌上也有两个按钮 S04 和 S05，采用串联形式，只有两个按钮都按下，抢答桌上的灯 LD3 才会亮。

当主持人将启动开关 S07 处于开状态时，10s 之内有人抢答按下按钮，电铃 DL 即响。

2. 实训内容和步骤

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
儿童按钮 S01	X0	儿童组指示灯 LD1	Y0
儿童按钮 S02	X1	中学生组指示灯 LD2	Y1
中学生按钮 S03	X2	大人组指示灯 LD3	Y2
大人按钮 S04	X3	电铃 DL	Y3
大人按钮 S05	X4		
主持人总停开关 S06	X5		
主持人启动开关 S07	X6		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺流程画出梯形图，写出语句表。
- (4) 模拟设置控制智力竞赛抢答装置的控制过程。
- (5) 对用基本指令编制的程序进行程序输入，并完成系统调试。
- (6) 参考梯形图和语句表如图 3.8 所示。

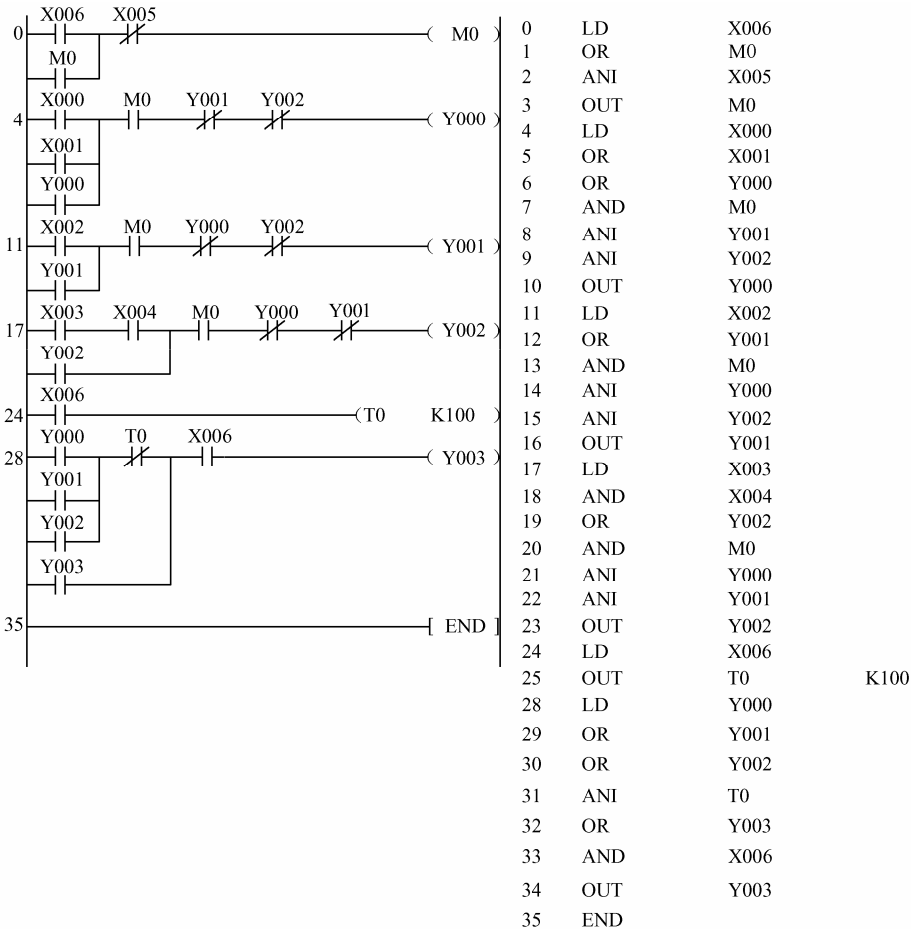


图 3.8 用 PLC 控制智力竞赛抢答装置的参考梯形图和语句表

主持人按下启动按钮 X6 后 M0 得电，作为三个组的工作条件，每两个组是另一个组的互锁条件。T0 表示主持人按下按钮 X6 后，在 10s 内有人抢答，电铃 DL（Y3）响。

任务 5 用PLC控制加热炉自动上料装置

1. 控制要求

如图 3.9（a）所示是用 PLC 控制加热炉自动上料装置的示意图。对其工作过程的要求如下所述。

（1）按 S01 启动按钮→KM1 得电，炉门电机正转→炉门开。

（2）按限位开关 ST1→KM1 失电，炉门电机停转；KM3 得电，推料机电机正转 →推料机进位，送料入炉，直到送到料位。

（3）按限位开关 ST2→KM3 失电，推料机电机停转；延时 3s 后，KM4 得电，推料机电机反转→推料机退到原位。

（4）按限位开关 ST3→KM4 失电，推料机电机停转；KM2 得电，炉门电机反转→炉门闭。

（5）按限位开关 ST4→KM2 失电，炉门电机停转；ST4 常闭触点闭合，为下次循环做准备。

（6）上述过程不断循环运行。若按下停止按钮 S02 后，工作立即停止。其工艺流程如图 3.9（b）所示。

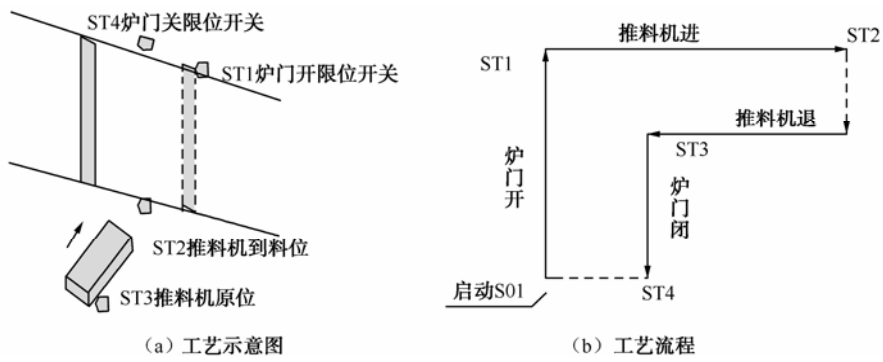


图 3.9 用 PLC 控制加热炉自动上料装置示意图

2. 实训内容和步骤

（1）输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 S01	X0	炉门开接触器 KM1	Y0
停止按钮 S02	X1	炉门闭接触器 KM2	Y1
限位开关 ST1	X2	推料机进接触器 KM3	Y2
限位开关 ST2	X3	推料机退接触器 KM4	Y3
限位开关 ST3	X4		
限位开关 ST4	X5		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺流程画出梯形图，写出语句表。
- (4) 模拟设置加热炉自动上料装置的控制过程。
- (5) 对用基本指令编制的程序进行程序输入，并完成系统调试。
- (6) 参考梯形图和语句表如图 3.10 所示。

如图 3.10 所示，梯形图有四个输出电路，各个输出电路均是启、保、停电路，启动和停止条件均是各电路对应的限位开关。辅助继电器的设置是为了保证在自动工作状态下，能够进行炉门的开或关的动作。

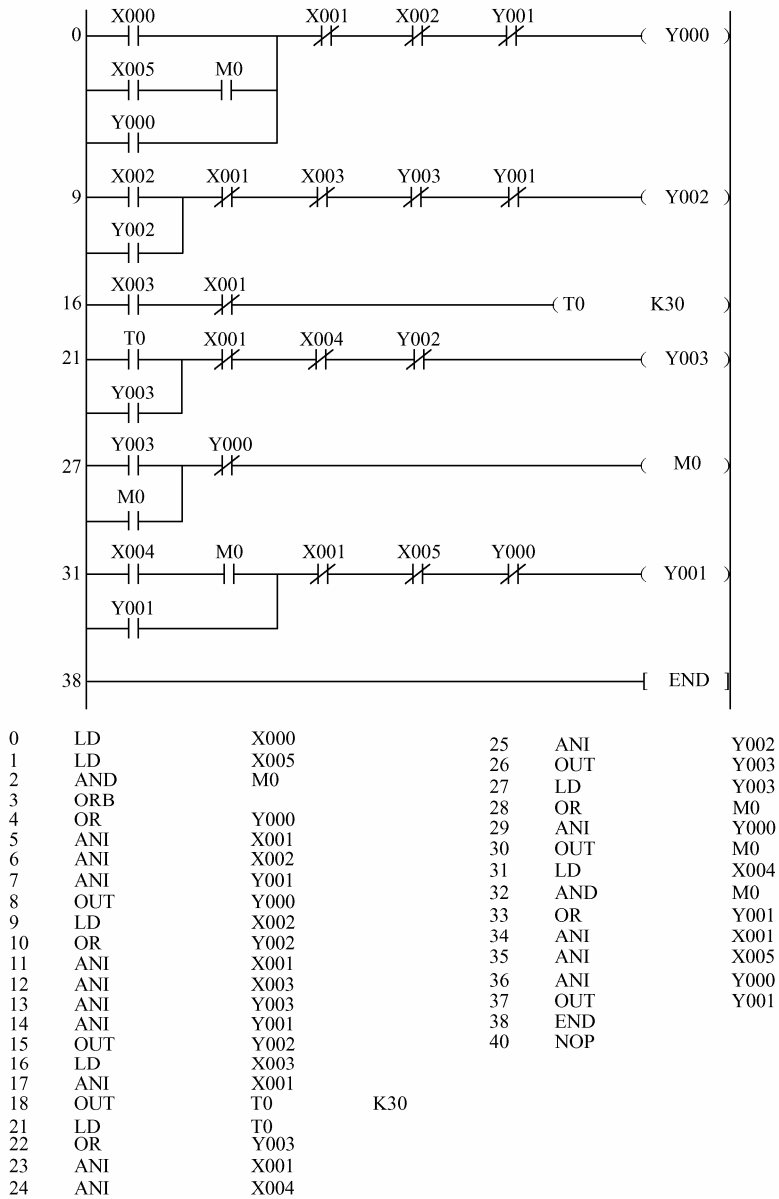


图 3.10 用 PLC 控制加热炉自动上料装置的参考梯形图和语句表

任务 6 用PLC控制钻孔动力头电路

1. 控制要求

如图 3.11 所示是某一冷加工自动线钻孔动力头用 PLC 控制的示意图。该动力头的加工过程如下所述。

(1) 动力头在原位，加启动信号，这时电磁阀 YV1 接通，动力头快进。

(2) 动力头碰到限位开关 SQ1 后，电磁阀 YV1

和 YV2 接通，动力头由快进转为工进，同时动力头电机转动（由 KM1 控制）。

(3) 动力头碰到限位开关 SQ2 后，电磁阀 YV1 和 YV2 失电，并开始延时 10s。

(4) 延时时间到，电磁阀 YV3 接通，动力头快退。

(5) 动力头回到原位，即停止电磁阀 YV3 和动力头电机。

2. 实训内容和步骤

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 S01	X0	电磁阀 YV1	Y0
限位开关 SQ0	X1	电磁阀 YV2	Y1
限位开关 SQ1	X2	电磁阀 YV3	Y2
限位开关 SQ2	X3	接触器 KM1	Y3

(2) 画出 I/O 接线图。

(3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺流程画出梯形图，写出语句表。

(4) 模拟设置钻孔动力头电路的控制过程。

(5) 对用基本指令编制的程序进行程序输入，并完成系统调试。

(6) 参考梯形图和语句表如图 3.12 所示。

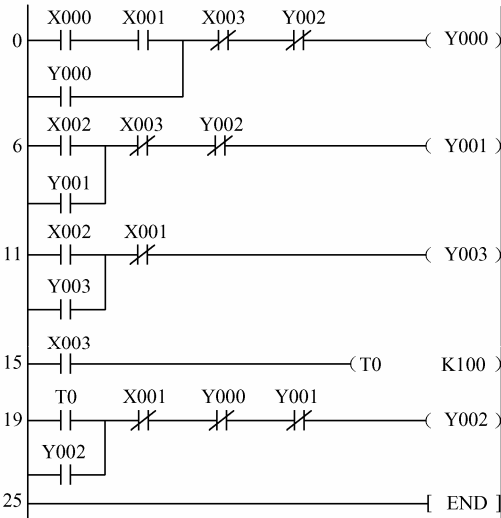


图 3.12 用 PLC 控制钻孔动力头电路的参考梯形图和语句表

0	LD	X000	
1	AND	X001	
2	OR	Y000	
3	ANI	X003	
4	ANI	Y002	
5	OUT	Y000	
6	LD	X002	
7	OR	Y001	
8	ANI	X003	
9	ANI	Y002	
10	OUT	Y001	
11	LD	X002	
12	OR	Y003	
13	ANI	X001	
14	OUT	Y003	
15	LD	X003	
16	OUT	T0	K100
19	LD	T0	
20	OR	Y002	
21	ANI	X001	
22	ANI	Y000	
23	ANI	Y001	
24	OUT	Y002	
25	END		

图 3.12 用 PLC 控制钻孔动力头电路的参考梯形图和语句表（续）

任务 7 用PLC控制仓库门自动开闭控制电路

1. 控制要求

如图 3.13 所示为用 PLC 控制仓库门自动开闭控制电路的示意图，当人或车接近仓库门的某个区域时，仓库门自动打开，人或车通过后，仓库门自动关闭，从而实现仓库门的无人管理。

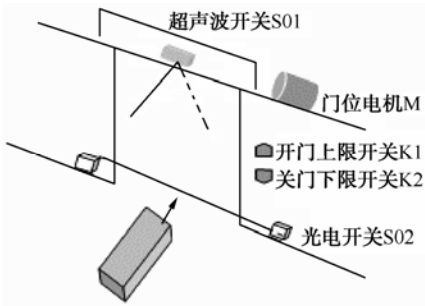


图 3.13 用 PLC 控制仓库门自动开闭控制电路示意图

库门设计为卷帘式，用一个电机来拖动卷帘。正转接触器 C1 使电机开门，反转接触器 C2 使电机关门。在库门的上方安装一个超声波探测开关 S01，超声波开关发射超声波，当来人（车）进入超声波发射范围时，超声波开关便检测出超声回波，从而产生输出电信号（S01＝ON），由该信号启动接触器 C1，电机 M 正转使卷帘上升开门，电机开门时必须开至上限位后再自动关门。在库门的下方安装一套光电开关 S02，用以检测是否有物体穿过库门。光电开关由两个部件组成，一个是能连续发光的光源；另一个是能接收光束，并能将之转换成电脉冲的接收器。若行车（人）遮断了光束，光电开关 S02 便检测到这一物体，产生电脉冲，由该信号启动接触器 C2，使电机 M 反转，从而使卷帘开始下降关门，电机关门时若超声波开关探测有信号，则立即停止关门并自动打开电机开门。用两个行程开关 K1 和 K2 来检测库

门的开门上限和关门下限，用按钮 S03 手动控制开门，用按钮 S04 手动控制关门。

2. 实训内容和步骤

(1) 输入输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
超声波开关 S01	X0	开门（升门）C1	Y0
光电开关 S02	X1	关门（降门）C2	Y1
开门上限开关 K1	X2		
关门下限开关 K2	X3		
按钮 S03	X4		
按钮 S04	X5		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺流程画出梯形图，写出语句表。
- (4) 模拟设置仓库门自动开闭控制电路的控制过程。
- (5) 按基本指令编制程序，进行程序输入，并完成系统调试。
- (6) 参考梯形图如图 3.14 所示。

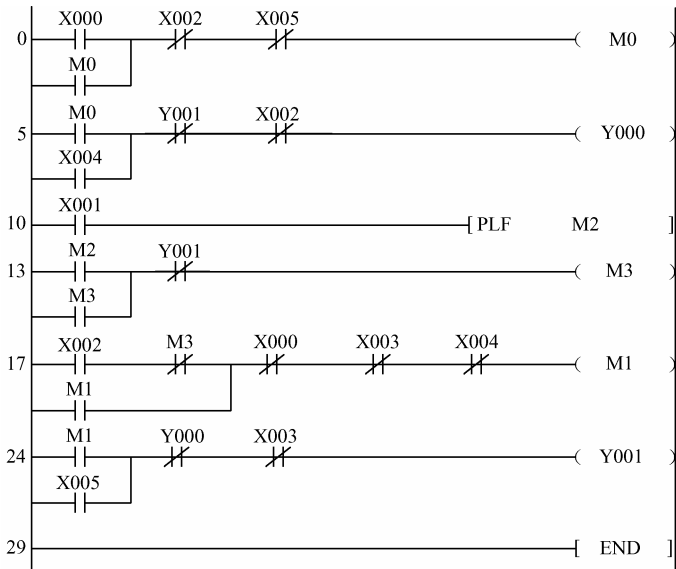


图 3.14 用 PLC 控制仓库自动开闭控制电路梯形图

M0 集中体现了开门条件，即有超声波信号，门未到上限位，M2 和 M3 表示关门条件，即当物体经过光电开关时，产生一个电脉冲。M1 描述了关门条件，即门在上限位，物体已经过门，无超声波信号，开门手动信号和下限开关信号才能关门。

任务 8 用PLC控制三相异步电机Y-△启动主电路系统

1. 控制要求

如图 3.15 所示为一个控制三相交流异步电动机 Y-△启动的主电路。在启动时，首先使接

任务 9 用PLC控制三相异步电机Y-△启动继电器控制系统

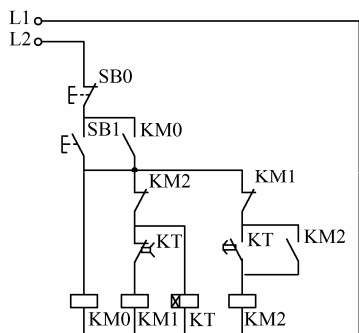


图 3.17 用 PLC 控制三相异步电机 Y-△启动继电器控制系统示意图

1. 控制要求

如图 3.17 所示为继电器控制异步电动机 Y-△启动电路。按启动按钮 SB1，KM0、KM1 接触器接通，电动机成 Y 形连接启动。此时 KT 时间继电器接通，当延时 5s 后，KT 常闭触点断开，KT 常开触点闭合，KM1 接触器失电，KM2 接触器接通，电动机接成△形连接投入运行。当按下停止按钮 SB0 时，KM0、KM2 接触器失电，电动机停止运行。

2. 实训内容和步骤

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
停止按钮 SB0	X0	接触器 KM0	Y0
启动按钮 SB1	X1	接触器 KM1	Y1
		接触器 KM2	Y2

- (2) 用 FX_{2N} 系列 PLC 将三相异步电动机 Y-△启动继电器控制电路图改成 PLC 梯形图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺流程写出语句表（必须有栈存指令及块指令）。
- (4) 模拟设置控制三相异步电动机 Y-△启动继电器电路运行的过程。
- (5) 按基本指令编制程序，进行程序输入，并完成系统调试。
- (6) 参考梯形图和语句表如图 3.18 所示。

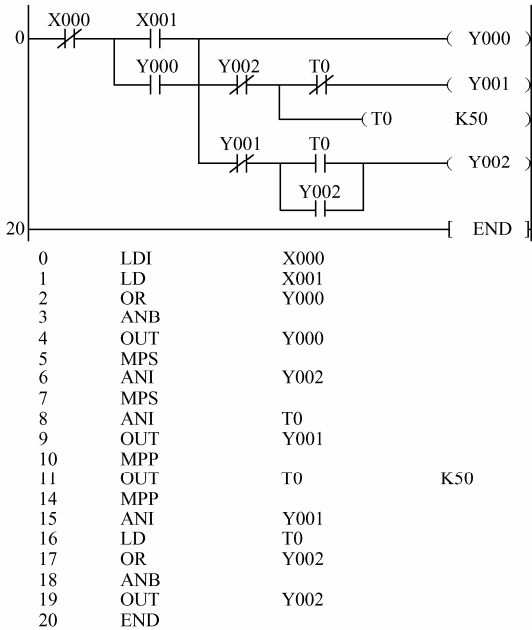


图 3.18 用 PLC 控制三相异步电机 Y-△启动继电器控制电路的参考梯形图和语句表

任务 10 用PLC控制装料小车的自动控制系统

1. 控制要求

装料小车的自动控制系统工作流程示意图如图 3.19 所示。

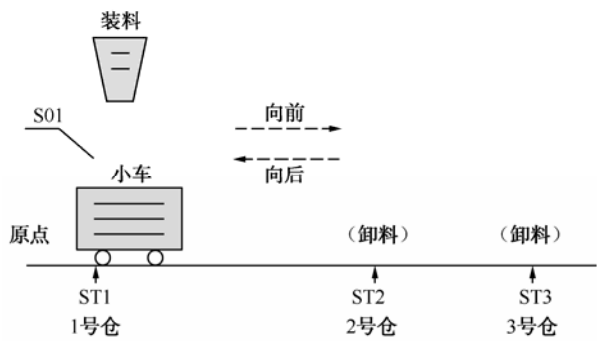


图 3.19 装料小车的自动控制系统工作流程示意图

- (1) 按启动按钮 P01，运料小车在 1 号仓装料 10s 后，第一次从 1 号仓送料到 2 号仓，停留 5s 卸料，然后空车返回到 1 号仓，停留 10s 装料。
- (2) 运料小车第二次从 1 号仓送料到 3 号仓，停留 8s 卸料，然后空车返回到 1 号仓，停留 10s 装料。
- (3) 重复进行上述工作过程。
- (4) 按下停止按钮 (P02)，小车立即停止。

2. 实训内容和步骤

- (1) 输入输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 P01	X0	向前接触器 KM1	Y0
停止按钮 P02	X1	向后接触器 KM2	Y1
限位开关 ST1	X2		
限位开关 ST2	X3		
限位开关 ST3	X4		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺要求画出梯形图，写出语句表。
- (4) 输入程序并进行调试。
- (5) 参考梯形图和语句表如图 3.20 所示。

现将“经验法”编程步骤总结如下。

- (1) 在准确了解控制要求后，合理地为控制系统中的事件分配输入输出口。选择必要的机内器件，如定时器、计数器以及辅助继电器。

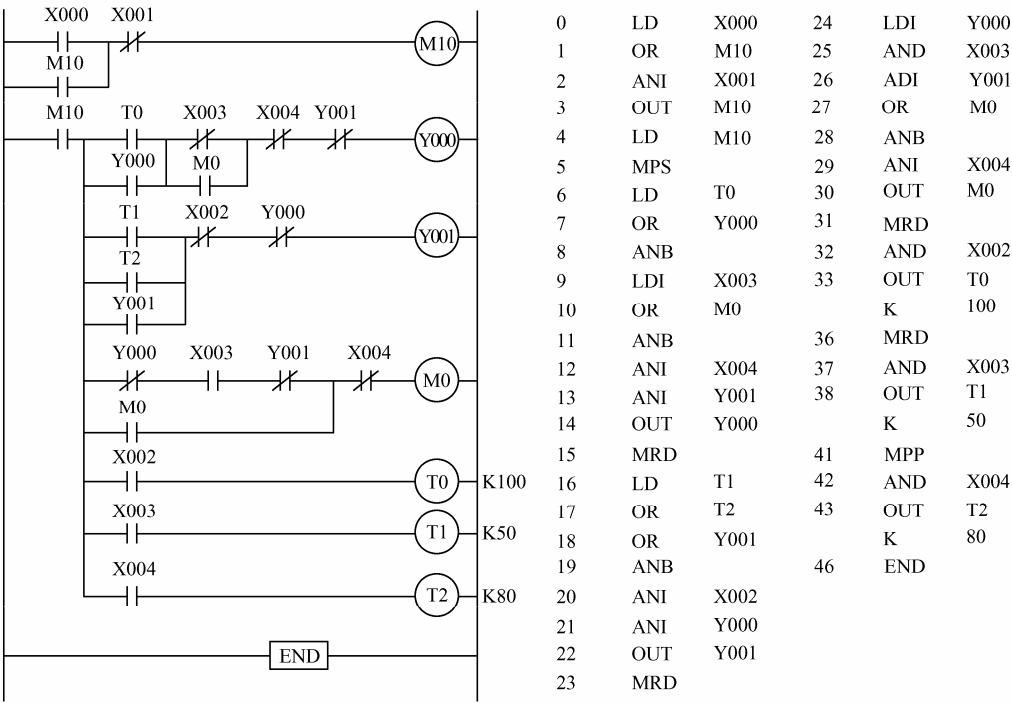


图 3.20 用 PLC 控制装料小车的自动控制系统的参考梯形图和语句表

- (2) 对于一些控制要求较简单的输出，可直接写出它们的工作条件，依照启、保、停电路模式完成相关的梯形图支路。工作条件稍复杂的，可借助辅助继电器。
 - (3) 对于较复杂的控制要求，为了能用启、保、停电路模式绘出各进出口的梯形图，要正确分析控制要求，并确定组成总的控制要求的关键点。在空间类逻辑为主的控制中，关键点为影响控制状态的点（如抢答器例中主持人是否宣布开始，答题是否到时等）。
 - (4) 将关键点用梯形图表达出来。关键点总是要用机内器件来代表的，在安排机内器件时需要考虑并安排好。绘关键点梯形图时，可以使用常见的基本环节，如定时器计时环节、振荡环节、分频环节等。
 - (5) 在完成关键点梯形图的基础上，针对系统最终的输出进行梯形图的编绘。使用关键点综合出最终输出的控制要求。
 - (6) 审查以上草绘图纸，在此基础上，补充遗漏的功能，更正错误，进行最后的完善。
- 最后，“经验法”并无一定的章法可循。在设计过程中，如发现初步的设计构想不能实现控制要求时，可换个角度试一试。当你的设计经历多起来时，“经验法”就会得心应手。

项目 4 步进指令控制

任务 1 单流程步进指令

知识链接 单流程步进指令及应用

FX 系列 PLC 除了基本指令 20 条外，还有两条简单的步进指令，其目标器件是状态器，用类似于顺序功能图 SFC 语言的状态转移图方式编程。这种编程方法可用于编制复杂的顺控程序，此梯形图更直观，也为更多的电气技术人员所接受。

下面介绍步进指令用于顺序控制的编程方法。

【例】 使用 PLC 完成自动台车的控制，台车自动往返系统工况示意图如图 4.1 所示。

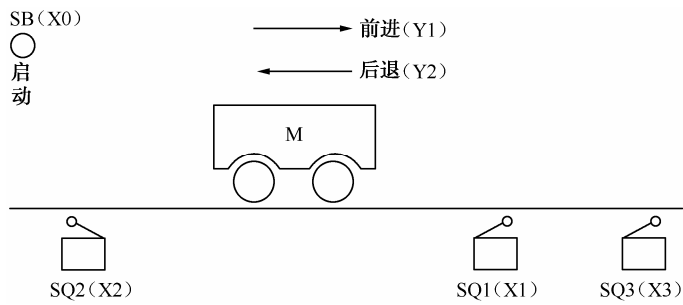


图 4.1 台车自动往返系统工况示意图

1. 了解控制工艺

某一个工作周期的控制工艺要求如下所述。

- (1) 按下启动按钮 SB，台车电机 M 正转，台车前进，碰到限位开关 SQ1 后，台车电机 M 反转，台车后退。
- (2) 台车后退碰到限位开关 SQ2 后，台车电机 M 停转，台车停车，停 5s，第二次前进，碰到限位开关 SQ3，再次后退。
- (3) 当后退再次碰到限位开关 SQ2 时，台车停止。

2. 输入输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动 SB	X0	电机正转	Y1
前限位 SQ1	X1	电机反转	Y2
前限位 SQ3	X3		
后限位 SQ2	X2		

3. 编程

(1) 第一步：绘制流程图。流程图是描述控制系统的控制过程、功能和特性的一种图形，流程图又叫功能表图（Function Chart）。流程图主要由步、转移（换）、转移（换）条件、线段和动作（命令）组成。

如图 4.2 所示是该台车的流程图。该台车的工作过程一次循环分为前进、后退、延时、前进、后退五个工步。每一步用一个矩形方框表示，方框中用文字表示该步的动作内容或用数字表示该步的标号。与控制过程的初始状态相对应的步称为初始步。初始步表示操作的开始。每步所驱动的负载（线圈）用线段与方框连接。方框之间用线段连接，表示工作转移的方向，习惯的方向是从上至下或从左至右，必要时也可以选用其他方向。线段上的短线表示工作转移条件。方框与负载连接的线段上的短线表示驱动负载的联锁条件，当联锁条件得到满足时才能驱动负载。本例中无联锁条件。转移条件和联锁条件可以用文字或逻辑符号标注在短线旁边。例如，用逻辑符号 X0 表示转移条件是动合触点闭合。

当相邻两步之间的转移条件得到满足时，转移去执行下一步动作，而上一步动作便结束，这种控制称为步进控制。

如图 4.2 所示，在初始状态下，按下前进启动按钮（X0 动合触点闭合），则小车由初始状态转移到前进步，驱动对应的输出继电器 Y1，当小车前进至前限位时（X1 动合触点闭合），则由前进步转移到后退步。完成了一个步进，以下的步进读者可以自行分析。

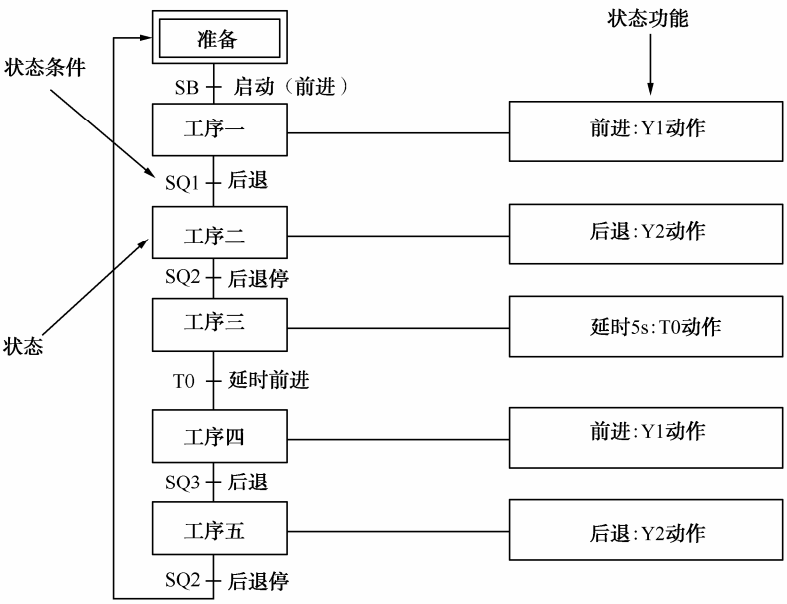


图 4.2 台车自动往返系统状态转移流程图

(2) 第二步：绘制状态转移图。顺序控制若采用步进指令编程，则需要根据流程图画出状态转移图。

状态转移图是用状态继电器（简称状态）描述的流程图。

状态元件是构成状态转移图的基本元素，是可编程控制器的软元件之一。FX2 共有 1000 个状态元件，其分类、编号、数量及用途如表 4.1 所示。

表 4.1 FX2 的状态元件

类 别	元 件 编 号	个 数	用途及特点
初始状态	S0~S9	10	用做 SFC 的初始状态
返回状态	S10~S19	10	多运行于模式控制当中，用做返回原点的状态
一般状态	S20~S499	480	用做 SFC 的中间状态
掉电保持状态	S500~S899	400	具有停电保持功能，停电恢复后需继续执行的场合，可用这些状态元件
信号报警状态	S900~S999	100	用做报警元件

流程图中的每一步，可用一个状态来表示，由此绘出图 4.2 所示台车流程图的状态转移图，如图 4.3 所示。

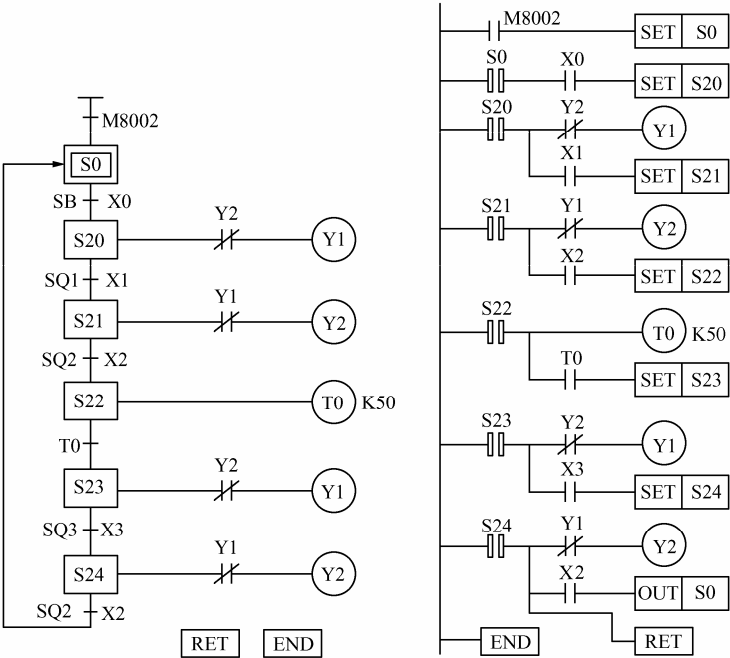


图 4.3 台车自动往返控制状态转移图

分配状态的元件如下：

初始状态	S0	前进	S20
后退	S21	延时	S22
再前进	S23	再后退	S24

注意：虽然 S20 与 S23、S21 与 S24 功能相同，但它们是状态转移图中的不同工序，也就是不同状态，故编号也不同。

状态可提供以下三种功能，这些功能称为状态三要素。

- ① 驱动负载。状态可以驱动 M、Y、T、S 等线圈。可以直接驱动和用置位 SET 指令驱动，也可以通过触点联锁条件来驱动。例如，当状态 S20 置位后，它可以直接驱动 Y1。
- ② 指定转移的目的地。状态转移的目的地由连接状态之间的线段指定，线段所指的状态

即为指定转移的目的地。例如，S20 转移的目的地为 S21。

③ 给出转移条件。状态转移的条件用连接两状态之间的线段上的短线来表示。当转移条件得到满足时，转移的状态被置位，而转移前的状态（转移源）自动复位。例如，当 X1 动合触点瞬间闭合时，状态 S20 将转移到 S21，这时，S21 被置位而 S20 自动复位。

状态的转移条件可以是单一的，也可以是多个元件的串、并联组合，如图 4.4 所示。

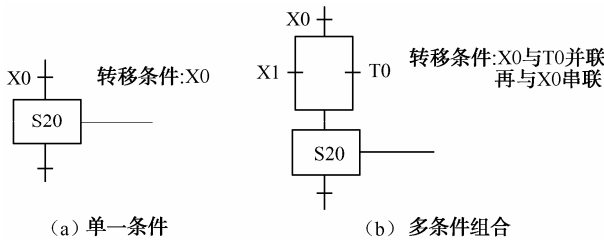


图 4.4 状态的转移条件

在使用状态时还需要说明以下问题。

① 状态的置位要用 SET 指令，这时状态才具有步进功能。它除了提供步进触点外，还提供一般的触点。步进触点（STL 触点）只有动合触点，而一般触点有动合触点和动断触点。当状态被置位时，其 STL 触点闭合，用它去驱动负载。

② 用状态驱动的 M 和 Y 若需在状态转移后继续保持接通，则需用 SET 指令。当需要复位时，则需用 RST 指令。

③ 在不相邻的步进段内可重复使用同一编号的计时器。这样，在一般的步进控制中，只需使用 2~3 个计时器就够了，可以节省很多计时器。

④ 状态也可以作为一般的中间继电器使用，其功能与 M 一样，但作为一般的中间继电器使用时就不能再提供 STL 触点。

(3) 第三步：设计步进梯形图。前面讲过，每个状态提供一个 STL 触点，当状态置位时，其步进触点接通。用步进触点连接负载的梯形图称为步进梯形图，它可以根据状态转移图来绘制。

下面对绘制步进梯形图的要点做一些说明。

① 状态必须用 SET 指令置位才具有步进控制功能，这时状态才能提供 STL 触点。

② 状态转移图除了并联分支与连接的结构以外，STL 触点基本上都是与母线连接的，通过 STL 触点直接驱动线圈，或通过其他触点来驱动线圈。线圈的通断由 STL 触点的通断来决定。

③ 在步进程序结束时要用 RET 指令使后面的程序返回原母线。

(4) 第四步：编制语句表。根据步进梯形图，可用步进指令编制出语句表程序。步进指令由 STL/RET 指令组成。STL 指令称为步进触点指令，用于步进触点的编程。RET 指令称为步进返回指令，用于步进结束时返回原母线。

根据步进梯形图编制语句表程序的要点如下所述。

① 对 STL 触点要用 STL 指令，而不能用 LD 指令。

② 与 STL 触点直接连接的线圈用 OUT 指令或 SET 指令，通过触点连接的线圈，对于触点开始应使用 LD/LDI 指令。

③ 步进程序结束时要写入 RET 指令。

LD M8002	OUT T0
SET S0	K50
STL S0	LD T0
LD X0	SET S23
SET S20	STL S23
STL S20	LDI Y2
LDI Y2	OUT Y1
OUT Y1	LD X3
LD X1	SET S24
SET S21	STL S24
STL S21	LDI Y1
LDI Y1	OUT Y2
OUT Y2	LD X2
LD X2	OUT S0
SET S22	RET
STL S22	END

任务 2 全自动洗衣机的控制系统

1. 实训目的

通过实例，掌握应用 PLC 技术解决实际控制问题的思想和方法。

2. 控制要求

波轮式全自动洗衣机的洗衣桶（外桶）和脱水桶（内桶）是以同一中心安装的。外桶固定，作为盛水用，内桶可以旋转，作为脱水（甩干）用。内桶的四周有许多小孔，使内、外桶的水流相通。

洗衣机的进水和排水分别由进水电磁阀和排水电磁阀控制。进水时，控制系统使进水电磁阀打开，将水注入外桶；排水时，控制系统使排水电磁阀打开，将水由外桶排到机外。洗涤和脱水由同一台电机拖动，通过电磁离合器来控制，将动力传递给洗涤波轮或甩干桶（内桶）。电磁离合器失电，电动机带动洗涤波轮实现正、反转，进行洗涤；电磁离合器得电，电动机带动内桶单向旋转，进行甩干（此时波轮不转）。水位高低分别由高低水位开关进行检测。启动按钮用来启动洗衣机工作。

启动时，首先进水，到高水位时停止进水，开始洗涤。正转洗涤 15s，暂停 3s 后反转洗涤 15s，暂停 3s 后再正转洗涤，如此反复 30 次。洗涤结束后，开始排水，当水位下降到低水位时，进行脱水（同时排水），脱水时间为 10s。这样完成一次从进水到脱水的大循环过程。

经过 3 次上述大循环后（第 2、第 3 次为漂洗），进行洗衣完成报警，报警 10s 后结束全过程，自动停机。

3. 实训内容和步骤

（1）I/O 设备配置表。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮	X0	进水电磁阀	Y0

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
高水位开关	X3	电机正转控制	Y1
低水位开关	X4	电机反转控制	Y2
		排水电磁阀	Y3
		脱水电磁离合器	Y4
		报警蜂鸣器	Y5

(2) 状态转移图的设计。

状态转移图的设计，是运用状态编程思想解决顺序控制问题的过程。该过程分为：任务分解、弄清每个状态功能、找出每个状态的转移条件及方向和设置初始状态四个阶段。下面根据这四个阶段设计全自动洗衣机控制系统的状态转移图。

① 任务分解。根据控制要求，将洗衣机的工作过程分解为下面几个工序（状态）：

进水	S20	暂停	S24
正转洗涤	S21	排水	S25
暂停	S22	脱水	S26
反转洗涤	S23	报警	S27

② 弄清各状态功能。

S20	使进水电磁阀得电打开	Y0 为 ON
S21	正转洗涤 15s	Y1 为 ON, 定时 T0, K150
S22	暂停 3s	Y1 为 ON K30 延时 3s
S23	反转洗涤 15s	Y2 为 ON 定时 T2 K150
S24	暂停 3s	T3 为 ON K30 延时 3s
		洗涤次数计数 30 次 C0 K30
S25	使排水电磁阀得电排水	Y3 为 ON
S26	脱水	
	排水电磁阀打开	Y3 为 ON
	电磁离合器得电	Y4 为 ON
	电机正转	Y1 为 ON
	脱水定时 10s	T4 K100
	大循环次数计数 3 次	C1 K3
S27	报警 蜂鸣器工作	Y5 为 ON
		定时 10s T5 K100

(3) 找出各状态的转移条件和转移方向。

(4) 画出状态转移图。

(5) 程序的调试运行。

① 写入程序。

② PLC 外围设备接线。

- ③ 对程序进行调试运行。
- (6) 参考状态转移图如图 4.5 所示。

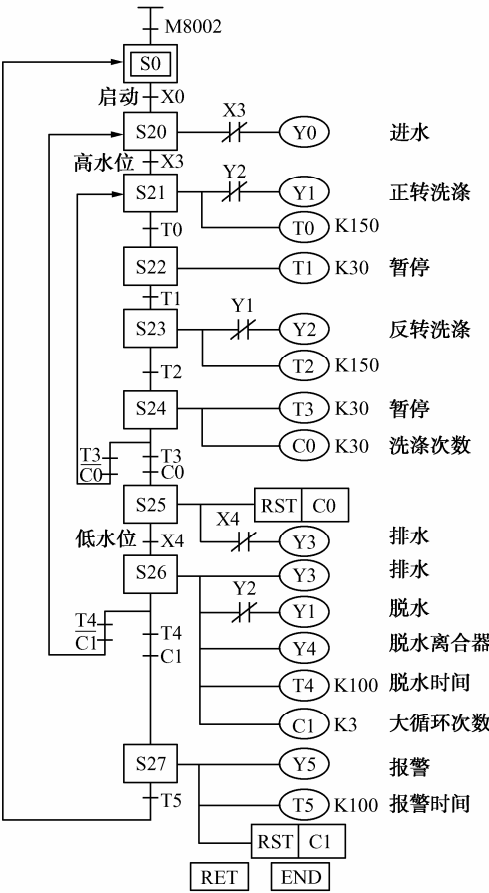


图 4.5 全自动洗衣机控制系统参考状态转移图

项目 5 维修电工高级实训

任务 1 配料小车的PLC控制

1. 控制要求

启动按钮 S01 用来开启运料小车，停止按钮 S02 用来手动停止运料小车。按 S01 小车从原点启动，KM1 接触器吸合使小车向前运行直到碰 SQ2 开关停，KM2 接触器吸合使甲料斗装料 5s，然后小车继续向前运行直到碰 SQ3 开关停，此时 KM3 接触器吸合使乙料斗装料 3s，随后 KM4 接触器吸合，小车返回原点直到碰 SQ1 开关停止，KM5 接触器吸合使小车卸料 5s 后完成一次循环。

PLC 控制运料小车示意图如图 5.1 所示。

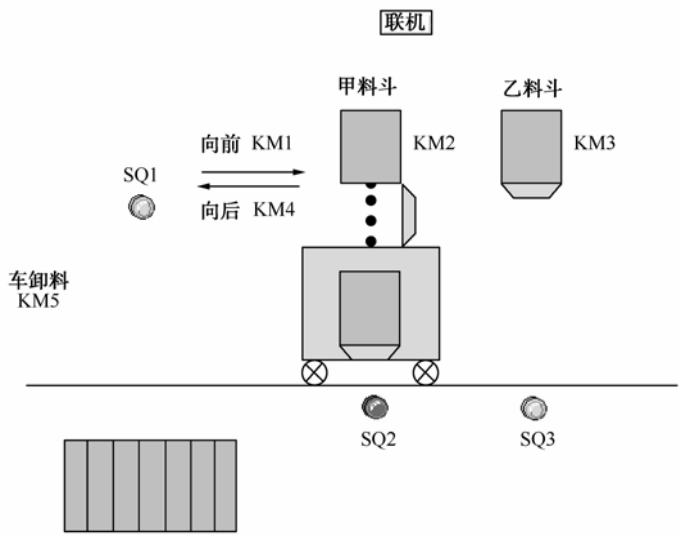


图 5.1 PLC 控制运料小车示意图

2. 实训内容和步骤

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 S01	X0	向前接触器 KM1	Y0
停止按钮 S02	X1	甲卸料接触器 KM2	Y1

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
开关 SQ1	X2	乙卸料接触器 KM3	Y2
开关 SQ2	X3	向后接触器 KM4	Y3
开关 SQ3	X4	车卸料接触器 KM5	Y4
选择按钮 S07	X5		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 按下列题目要求编制状态转移图。

以下有 4 个小题，学生可以有选择地进行练习（题后有参考答案）。

① 要求小车连续循环与单次循环可按 S07 自锁按钮进行选择，当 S07 为“0”时小车连续循环，当 S07 为“1”时小车单次循环；根据要求画出状态转移图，写出梯形图程序或语句程序，用 FX2 系列 PLC 简易编程器或计算机软件进行程序输入。

配料小车第 1 题参考状态转移图如图 5.2 所示，参考梯形图与指令表如图 5.3 所示。

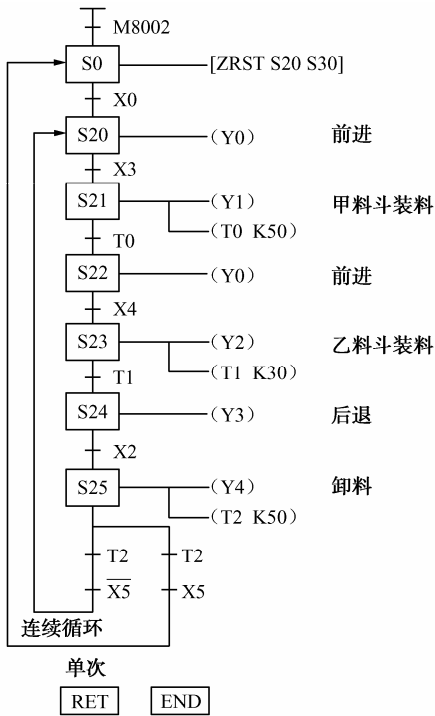


图 5.2 配料小车第 1 题参考状态转移图

② 小车连续循环，按停止按钮 S02 小车完成当前运行环节后，立即返回原点，直到碰到 SQ1 开关停止；再按启动按钮 S01 小车重新运行；根据要求画出状态转移图，写出梯形图程序或语句程序，用 FX2 系列 PLC 简易编程器或计算机软件进行程序输入。

配料小车第 2 题参考状态转移图如图 5.4 所示，梯形图及指令表如图 5.5 所示。

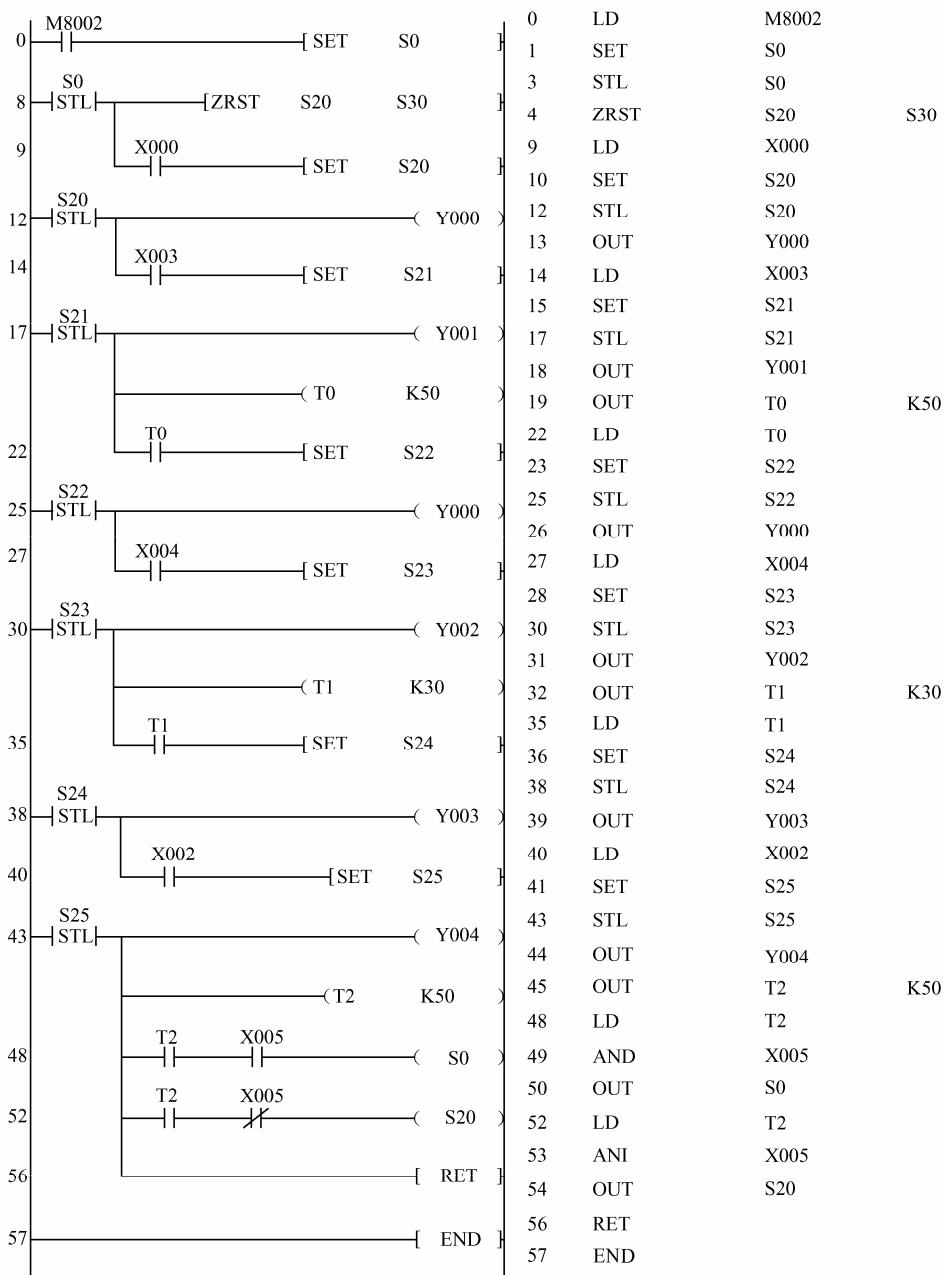


图 5.3 配料小车第 1 题参考梯形图与指令表

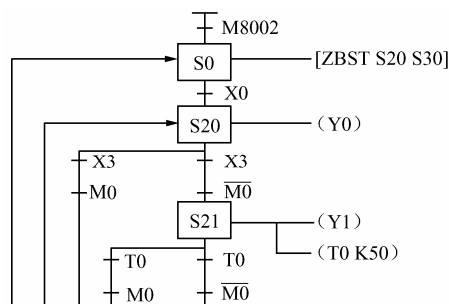


图 5.4 配料小车第 2 题参考状态转移图

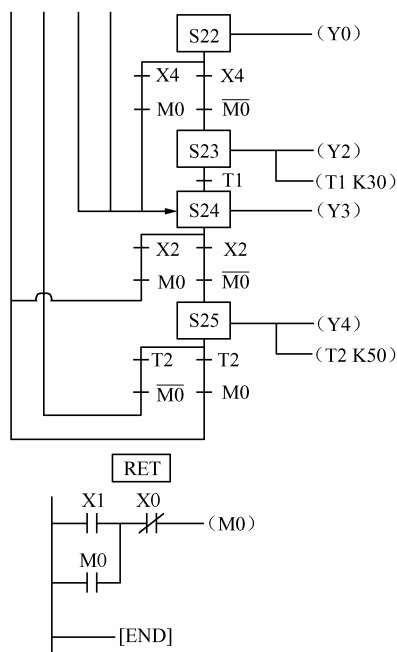


图 5.4 配料小车第 2 题参考状态转移图 (续)

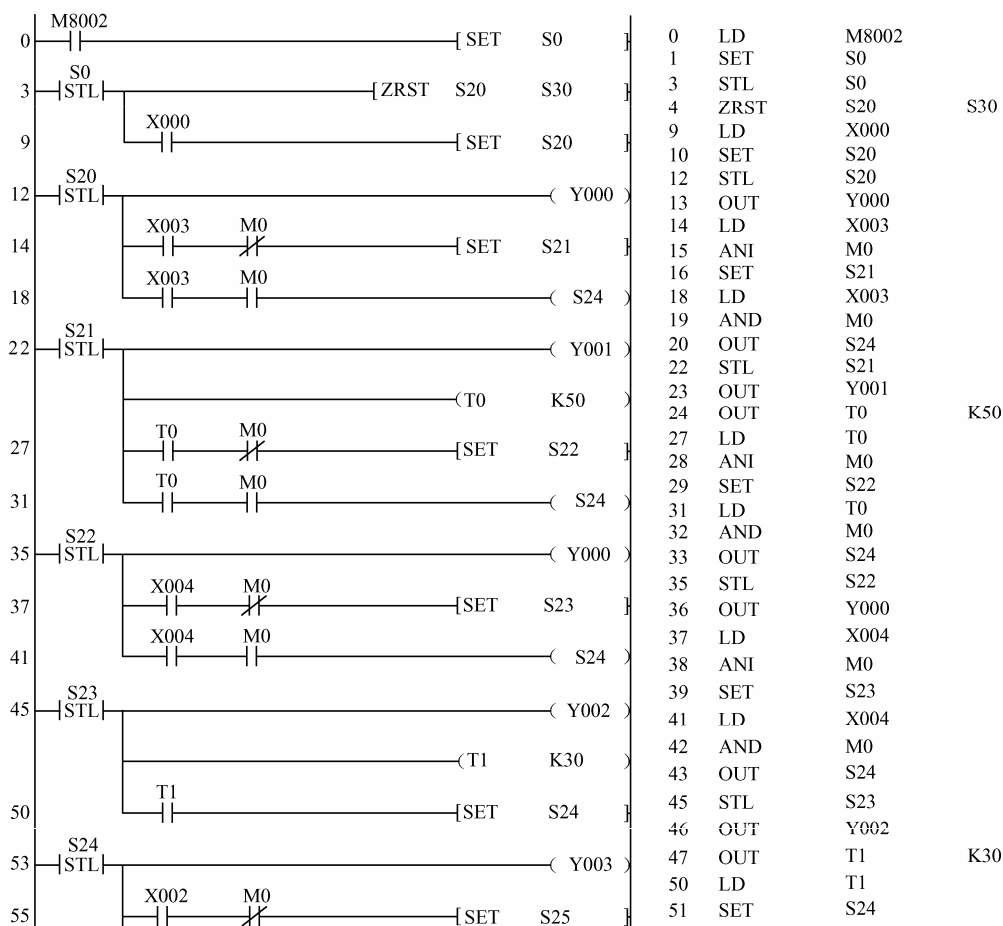


图 5.5 配料小车第 2 题参考梯形图及指令表

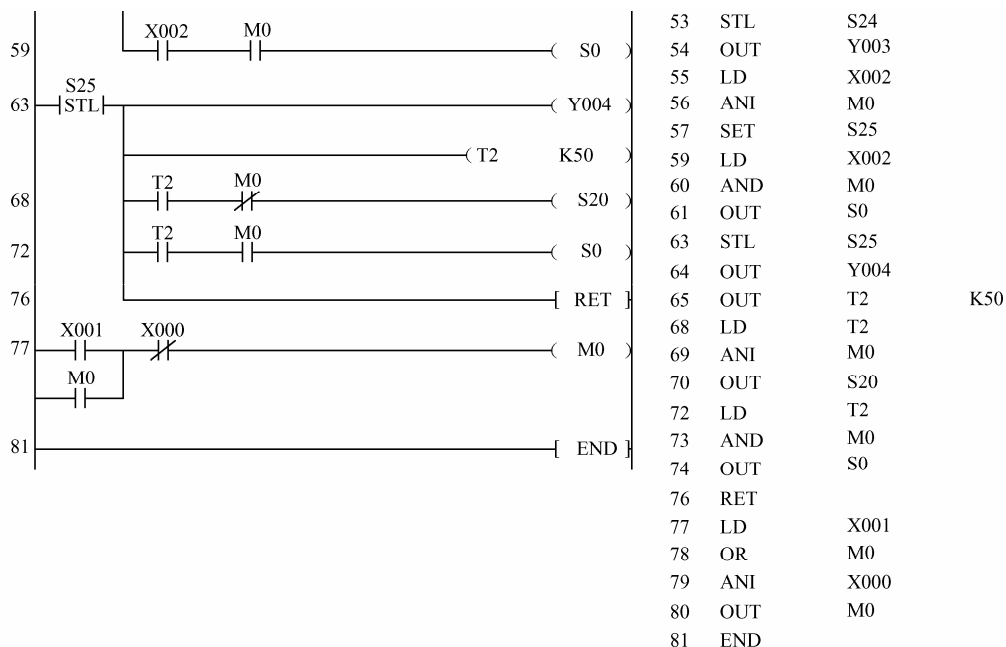


图 5.5 配料小车第 2 题参考梯形图及指令表（续）

③ 要求连续做 3 次循环后自动停止，中途按停止按钮 S02 则小车完成一次循环后才能停止；根据要求画出状态转移图，写出梯形图程序或语句程序，用 FX2 系列 PLC 简易编程器或计算机软件进行程序输入。

配料小车第 3 题参考状态转移图如图 5.6 所示。

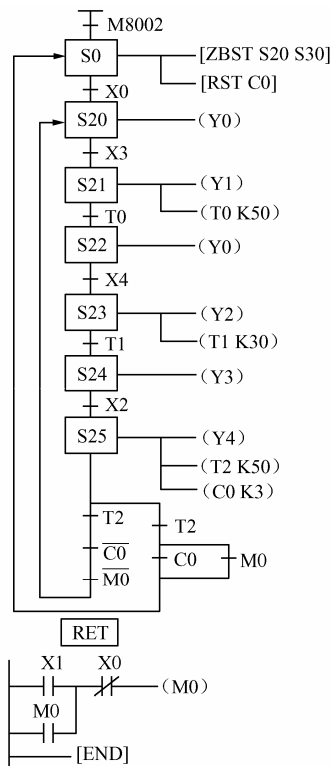


图 5.6 配料小车第 3 题参考状态转移图

④ 启动按钮 S01 用来开启运料小车，停止按钮 S02 用来手动停止运料小车。按 S01 小车从原点启动，KM1 接触器吸合使小车向前运行直到碰 SQ2 开关停，KM2 接触器吸合使甲料斗装料 5s，随后 KM4 接触器吸合，小车返回原点碰 SQ1 开关停，KM5 接触器吸合使小车卸料 5s，然后小车再次向前运行直到碰 SQ3 开关停，此时 KM3 接触器吸合使乙料斗装料 3s，随后 KM4 接触器吸合，小车返回原点直到碰 SQ1 开关停止，KM5 接触器吸合使小车卸料 5s 后完成一次循环。启动后，小车要连续做 3 次循环后自动停止。中途按下停止按钮 S02，小车立即停止（料斗装料及小车卸料均不受此限制）。当再按启动按钮 S01 时，小车继续运行。

配料小车第 4 题参考状态转移图如图 5.7 所示。

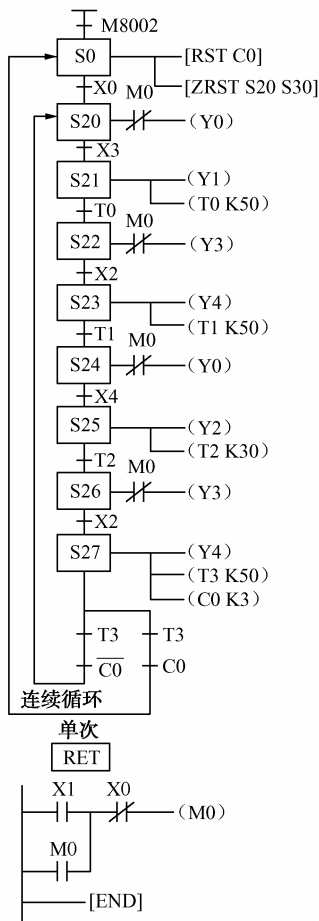


图 5.7 配料小车第 4 题参考状态转移图

任务 2 混料罐的PLC控制

1. 控制要求

(1) 有一混料罐装有两个进料泵控制两种液料的进罐，装有一个出料泵控制混合料出罐，另有一个混料泵用于搅拌液料，罐体上装有三个液位检测开关 SI1、SI4、SI6，分别送出罐内液位低、中、高的检测信号，罐内与检测开关对应处有一只装有磁钢的浮球作为液面指示器（浮球到达开关位置时开关吸合，离开时开关释放）。混料罐工艺示意图如图 5.8 所示。

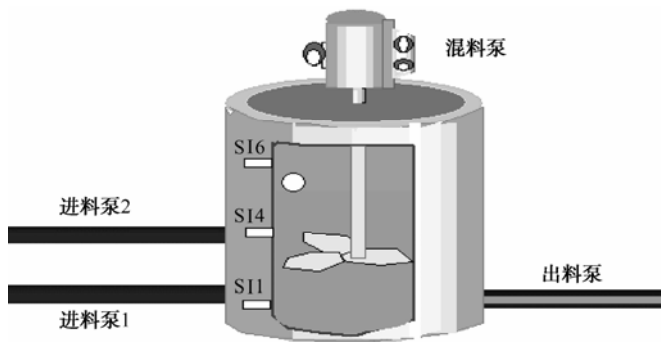
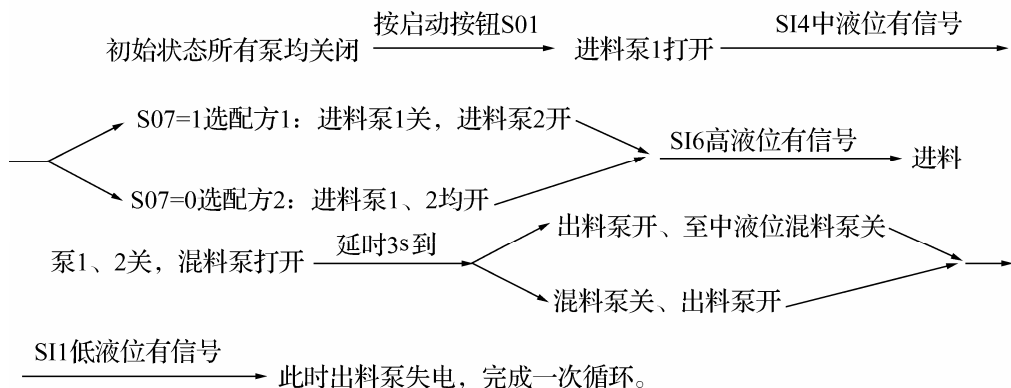


图 5.8 混料罐工艺示意图

在操作面板设有一个混料配方选择开关 S07，用于选择配方 1 或配方 2。设有一个启动按钮 S01，当按动 S01 后，混料罐就按给定的工艺流程开始运行。设有一个停止按钮 S02 作为流程的停运开关；循环选择开关 S08 作为流程的连续循环与单次循环的选择开关。

(2) 混料罐的工艺流程。



2. 实训内容和步骤

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
高液位检测开关 SI6	X0	进料泵 1	Y0
中液位检测开关 SI4	X1	进料泵 2	Y1
低液位检测开关 SI1	X2	混料泵	Y2
启动按钮 S01	X3	出料泵	Y3
停止按钮 S02	X4		
配方选择开关 S07	X5		
循环选择开关 S08	X6		

(2) 画出 I/O 接线图。

(3) 按下列题目要求编制状态转移图。

以下有 4 个小题，学生可以有选择地进行练习（题后有参考答案）。

① 要求混料罐连续循环与单次循环可按 S08 自锁按钮进行选择，当 S08 为“0”时混料

罐连续循环，当 S08 为“1”时混料罐单次循环；根据要求画出状态转移图，写出梯形图程序或语句程序，用 FX2 系列 PLC 简易编程器或计算机软件进行程序输入。

混料罐第 1 题参考状态转移图如图 5.9 所示，参考梯形图及指令表如图 5.10 所示。

② 要求混料罐连续循环，按停止按钮 S02 混料罐立即停止；当再按启动按钮 S01 时，混料罐继续运行；根据要求画出状态转移图，写出梯形图程序或语句程序，用 FX2 系列 PLC 简易编程器或计算机软件进行程序输入。

混料罐第 2 题参考状态转移图如图 5.11 所示。

③ 要求混料罐连续做 3 次循环后自动停止，中途按停止按钮 S02，混料罐完成一次循环后才能停止；根据要求画出状态转移图，写出梯形图程序或语句程序，用 FX2 系列 PLC 简易编程器或计算机软件进行程序输入。

混料罐第 3 题参考状态转移图如图 5.12 所示。

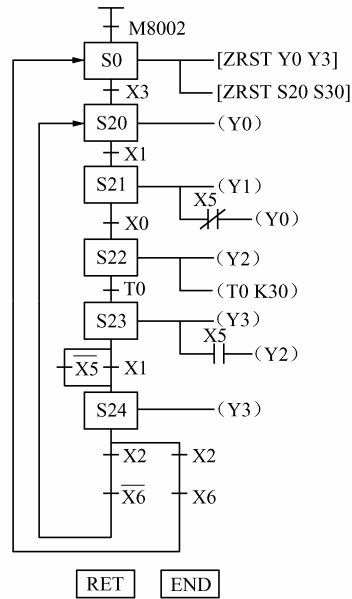


图 5.9 混料罐第 1 题的参考状态转移图

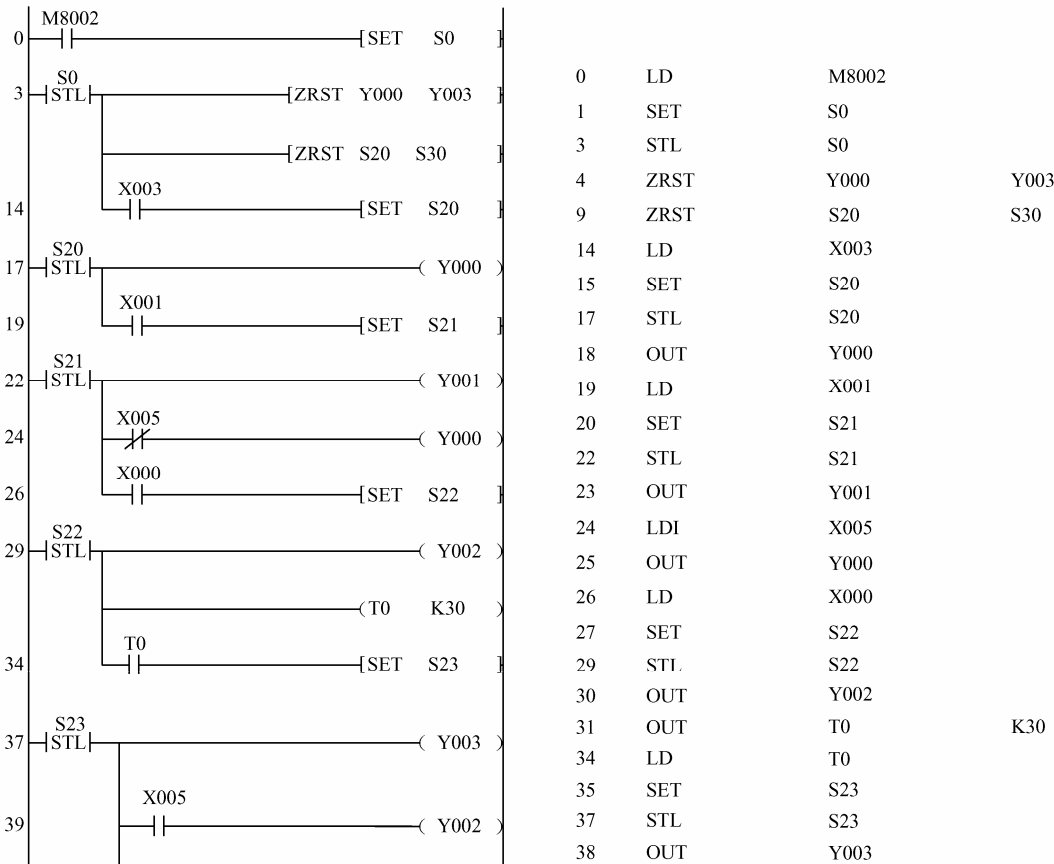
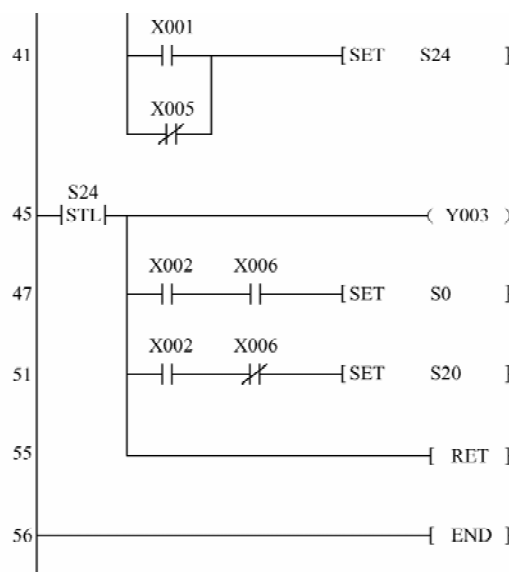


图 5.10 混料罐第 1 题的参考梯形图及指令表



39	LD	X005
40	OUT	Y002
41	LD	X001
42	ORI	X005
43	SET	S24
45	STL	S24
46	OUT	Y003
47	LD	X002
48	ANI	X006
49	OUT	S20
51	LD	X002
52	AND	X006
53	OUT	S0
55	RET	
56	END	

图 5.10 混料罐第 1 题的参考梯形图及指令表（续）

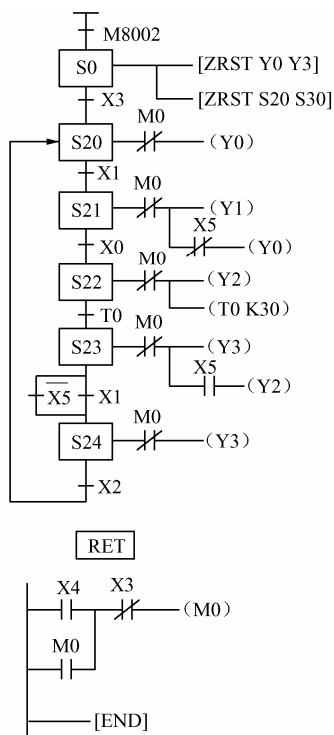


图 5.11 混料罐第 2 题的参考状态转移图

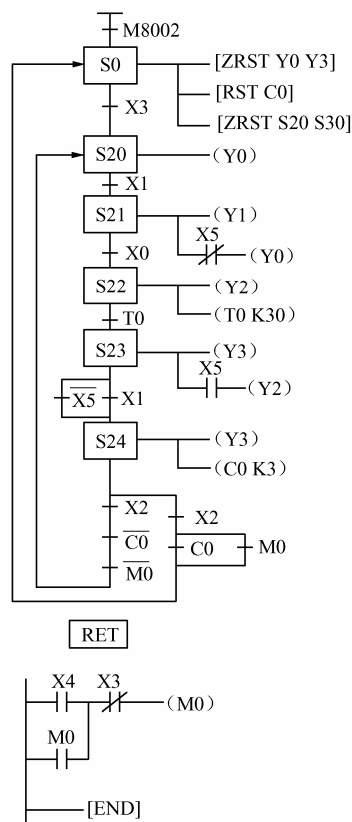


图 5.12 混料罐第 3 题的参考状态转移图

④ 在操作面板设有一个混料配方选择开关 S07，用于选择配方 1 或配方 2。设有一个启动按钮 S01，当按动 S01 后，混料罐就按给定的工艺流程连续不断地循环 3 次直到液位检测

开关 SI1 动作后自动停止。设有一个停止按钮 S02，中途按停止按钮 S02 混料罐完成一次循环后才能停止。

混料罐第 4 题参考状态转移图如图 5.13 所示。

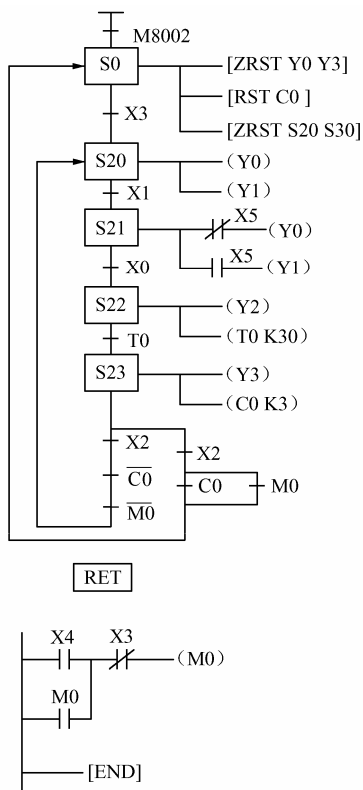


图 5.13 混料罐第 4 题的参考状态转移图

任务 3 机械手的 PLC 控制

1. 控制要求

机械手的工艺示意图如图 5.14 所示。

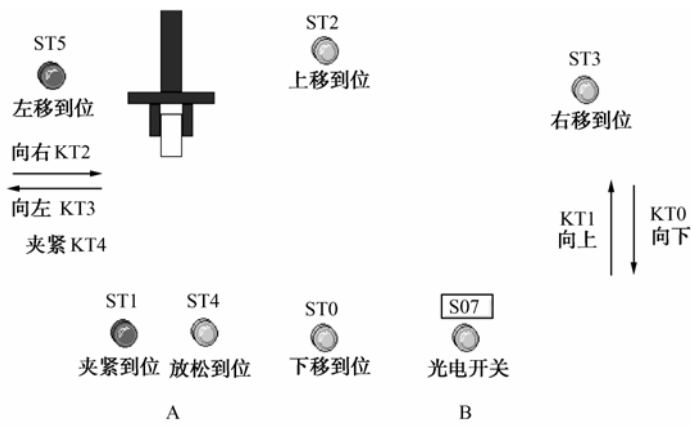


图 5.14 机械手的工艺示意图

(1) 机械手“取与放”搬运系统，定义原点为左上方所达到的极限位置，其左限位开关闭合，上限位开关闭合，机械手处于放松状态。

(2) 搬运过程是机械手把工件从 A 处搬到 B 处。

(3) 上升和下降、左移和右移均由电磁阀驱动气缸来实现。

(4) 当工件处于 B 处上方准备下放时，为确保安全，用光电开关检测 B 处有无工件。只有在 B 处无工件时才能发出下放信号。

(5) 机械手工作过程：启动机械手下降到 A 处位置→夹紧工件→夹住工件上升到顶端→机械手横向移动到右端，进行光电检测→下降到 B 处位置→机械手放松，把工件放到 B 处→机械手上升到顶端→机械手横向移动返回到左端原点处。

2. 实训内容和步骤

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 S01	X10	下降电磁阀 KT0	Y0
停止按钮 S02	X11	上升电磁阀 KT1	Y1
下降到位 ST0	X2	右移电磁阀 KT2	Y2
夹紧到位 ST1	X3	左移电磁阀 KT3	Y3
上升到位 ST2	X4	夹紧电磁阀 KT4	Y4
右移到位 ST3	X5		
放松到位 ST4	X6		
左移到位 ST5	X7		
光电检测开关 S07	X0		
循环选择开关 S08	X1		

(2) 画出 I/O 接线图。

(3) 按下列题目要求编制状态转移图。

以下有 4 个小题，学生可以有选择地进行练习（题后有参考答案）。

① 要求机械手连续循环与单次循环可按 S08 自锁按钮进行选择，当 S08 为“0”时机械手连续循环，当 S08 为“1”时机械手单次循环；根据要求画出状态转移图，写出梯形图程序或语句程序，用 FX2 系列 PLC 简易编程器或计算机软件进行程序输入。

机械手第 1 题参考状态转移图如图 5.15 所示，参考梯形图及指令表如图 5.16 所示。

② 要求连续做 3 次循环后自动停止，中途按停止按钮 S02 机械手完成一次循环后才能停止；根据要求画出状态转移图，写出梯形图程序或语句程序，用 FX2 系列 PLC 简易编程器或计算机软件进行程序输入。

机械手第 2 题参考状态转移图如图 5.17 所示。

③ 机械手连续循环，按停止按钮 S02 机械手立即停止；当再按启动按钮 S01 时，机械手继续运行；根据要求画出状态转移图，写出梯形图程序或语句程序，用 FX2 系列 PLC 简易编程器或计算机软件进行程序输入。

机械手第 3 题参考状态转移图如图 5.18 所示。

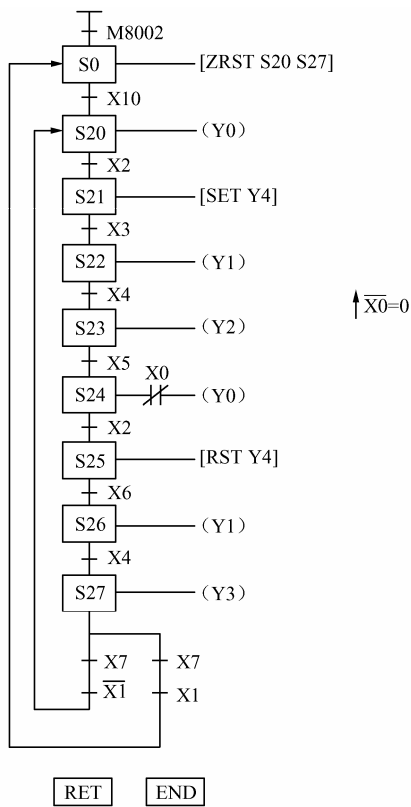


图 5.15 机械手第 1 题的参考状态转移图

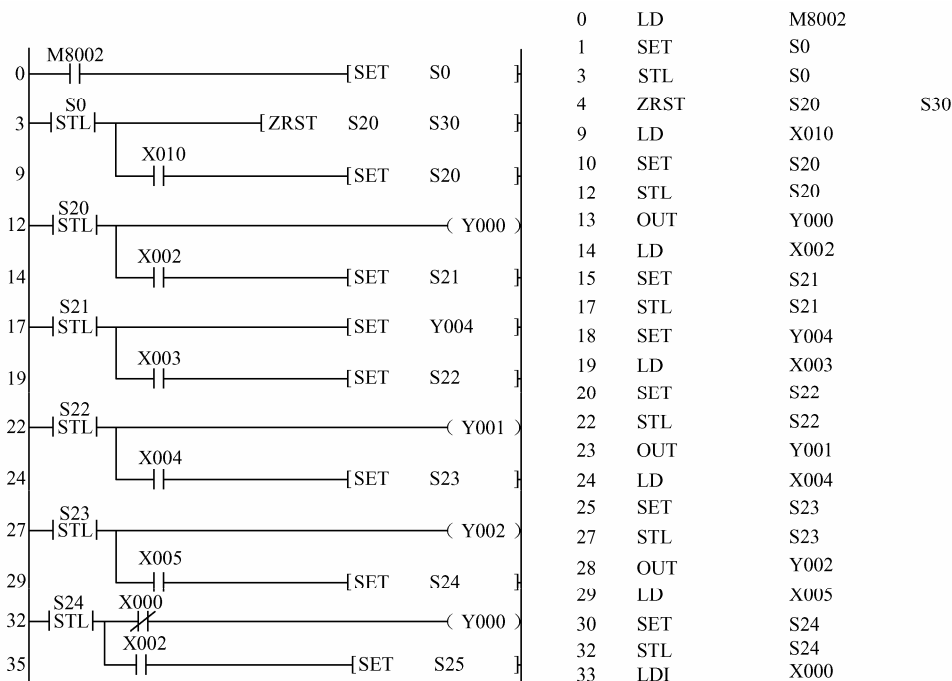
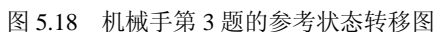
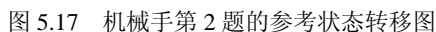


图 5.16 机械手第 1 题的参考梯形图及指令表



④ 机械手连续做 3 次循环后自动停止，中途按停止按钮 S02 机械手立即停止。当再按启动按钮 S01 时，机械手继续运行。

机械手第 4 题的参考状态转移图如图 5.19 所示。

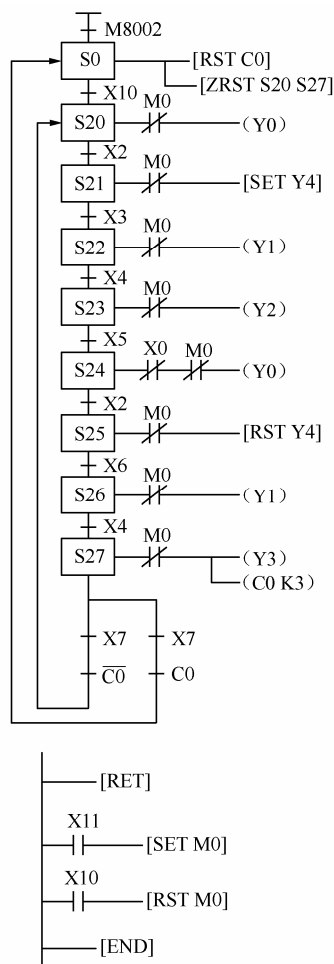


图 5.19 机械手第 4 题的参考状态转移图

任务 4 PLC控制机械滑台

1. 控制要求

- 机械滑台上带有主轴动力头，在操作面板上装有启动按钮 S01、停止按钮 S02。其工艺示意图如图 5.20 所示。
- (1) 当工作台在原始位置时，按下循环启动按钮 S01，电磁阀 YV1 得电，工作台快进，同时由接触器 KM1 驱动的动力头电机 M 启动。
 - (2) 当工作台快进到达 A 点时，行程开关 SI4 压合，YV1、YV2 得电，工作台由快进切换成工进，进行切削加工。

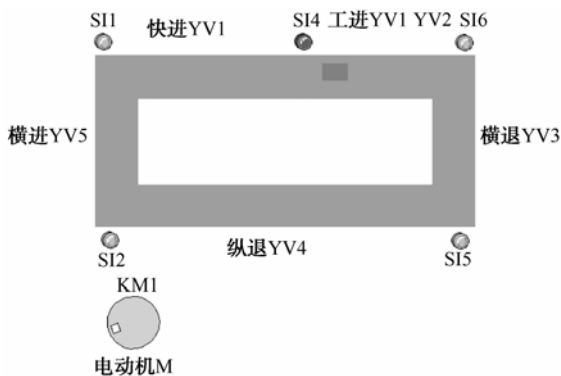


图 5.20 机械滑台工艺示意图

（3）当工作台工进到达 B 点时，SI6 动作，工进结束，YV1、YV2 失电，同时工作台停留 3s，当时间到，YV3 得电，工作台做横向退刀，同时主轴电机 M 停转。

（4）当工作台到达 C 点时，行程开关 SI5 压合，此时 YV3 失电，横退结束，YV4 得电，工作台做纵向退刀。

（5）工作台退到 D 点碰到开关 SI2，YV4 失电，纵向退刀结束，YV5 得电，工作台横向进给直到原点，压合开关 SI1，此时 YV5 失电完成一次循环。

2. 实训内容和步骤

（1）输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 S01	X0	主轴电机接触器 KM1	Y0
停止按钮 S02	X1	电磁阀 YV1	Y1
行程开关 SI1	X2	电磁阀 YV2	Y2
行程开关 SI4	X3	电磁阀 YV3	Y3
行程开关 SI6	X4	电磁阀 YV4	Y4
行程开关 SI5	X5	电磁阀 YV5	Y5
行程开关 SI2	X6		
选择按钮 S07	X7		

（2）画出 I/O 接线图。

（3）按下列题目要求编制状态转移图。

以下有 4 个小题，学生可以有选择地进行练习（题后有参考答案）。

① 机械滑台连续循环与单次循环可按 S07 自锁按钮进行选择，当 S07 为“0”时机械滑台连续循环，当 S07 为“1”时机械滑台单次循环。

机械滑台第 1 题的参考状态转移图如图 5.21 所示，参考梯形图及指令表如图 5.22 所示。

② 机械滑台连续做 3 次循环后自动停止，中途按停止按钮 S02 机械滑台立即停止运行，并按原路径返回，直到压合开关 SI1 才能停止；当再按启动按钮 S01 时，机械滑台重新计数运行。

机械滑台第 2 题的参考状态转移图如图 5.23 所示。

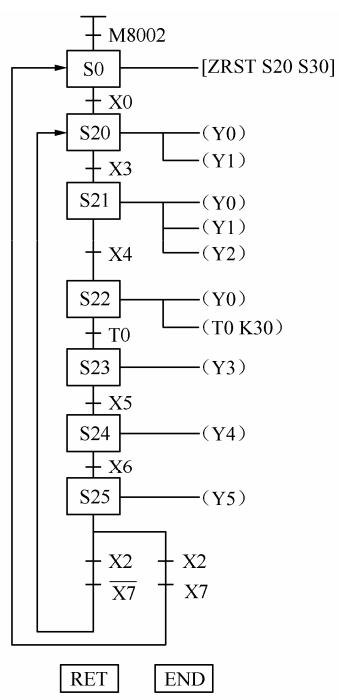


图 5.21 机械滑台第 1 题的参考状态转移图

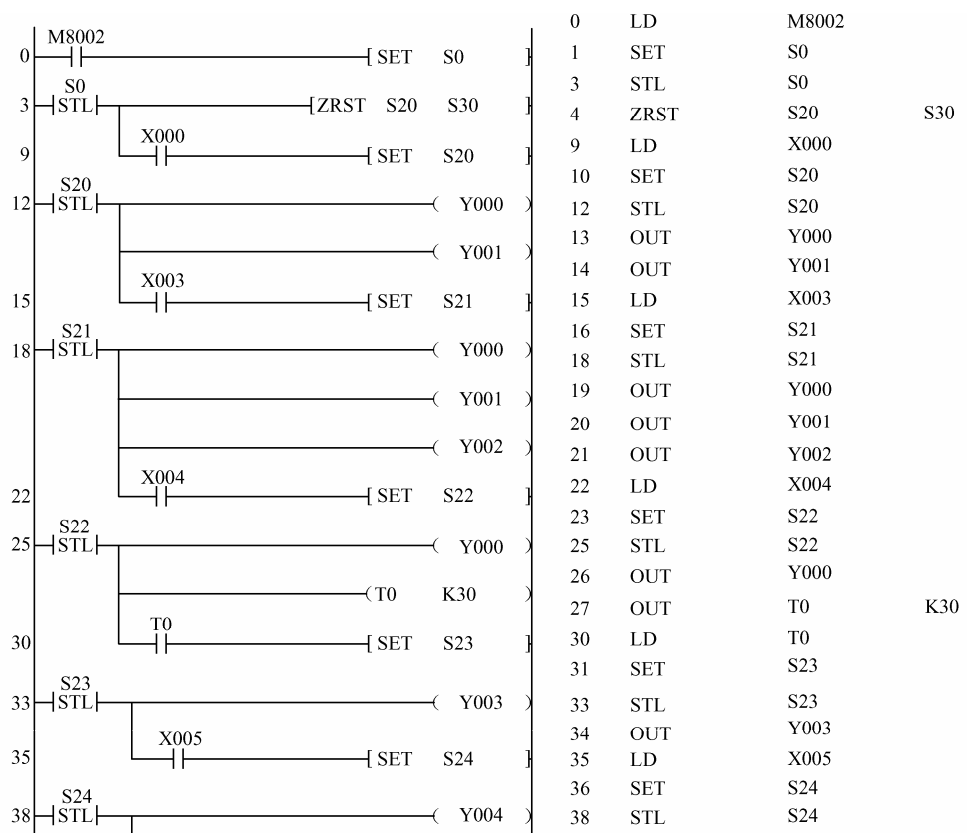


图 5.22 机械滑台第 1 题的参考梯形图及指令表

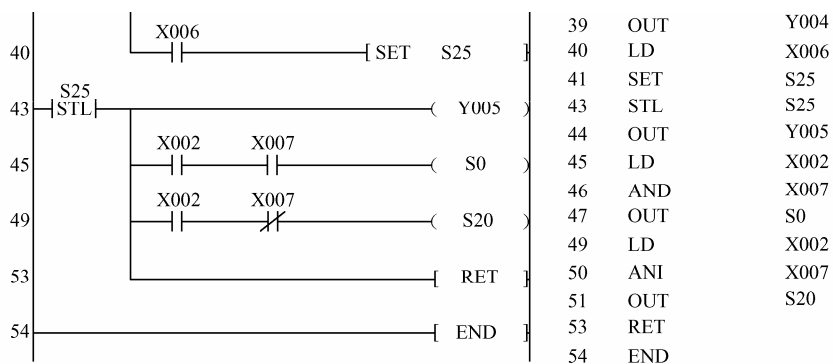


图 5.22 机械滑台第 1 题的参考梯形图及指令表（续）

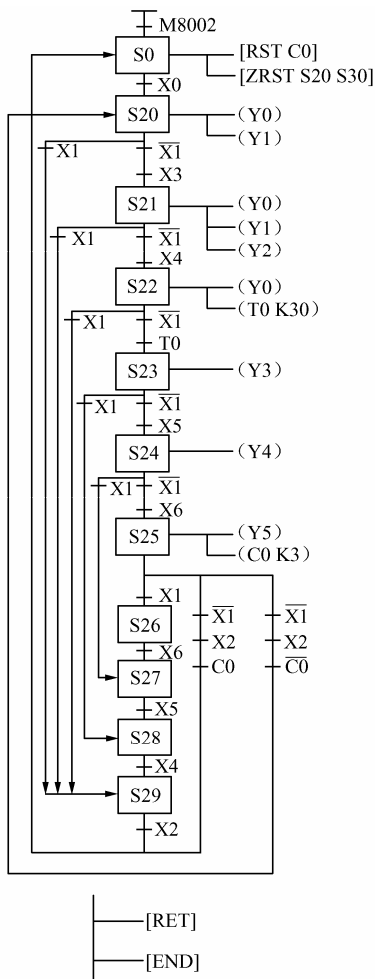


图 5.23 机械滑台第 2 题的参考状态转移图

③ 机械滑台连续循环，按停止按钮 S02 机械滑台立即停止运行，当再按启动按钮 S01 时，机械滑台继续运行。

机械滑台第 3 题的参考状态转移图如图 5.24 所示。

④ 启动后，滑台连续做 3 次循环后自动停止。停止按钮 S02 按过后，滑台要在完成一个工作循环（即到原点压合行程开关 SI1）后才停止。

机械滑台第 4 题的参考状态转移图如图 5.25 所示。

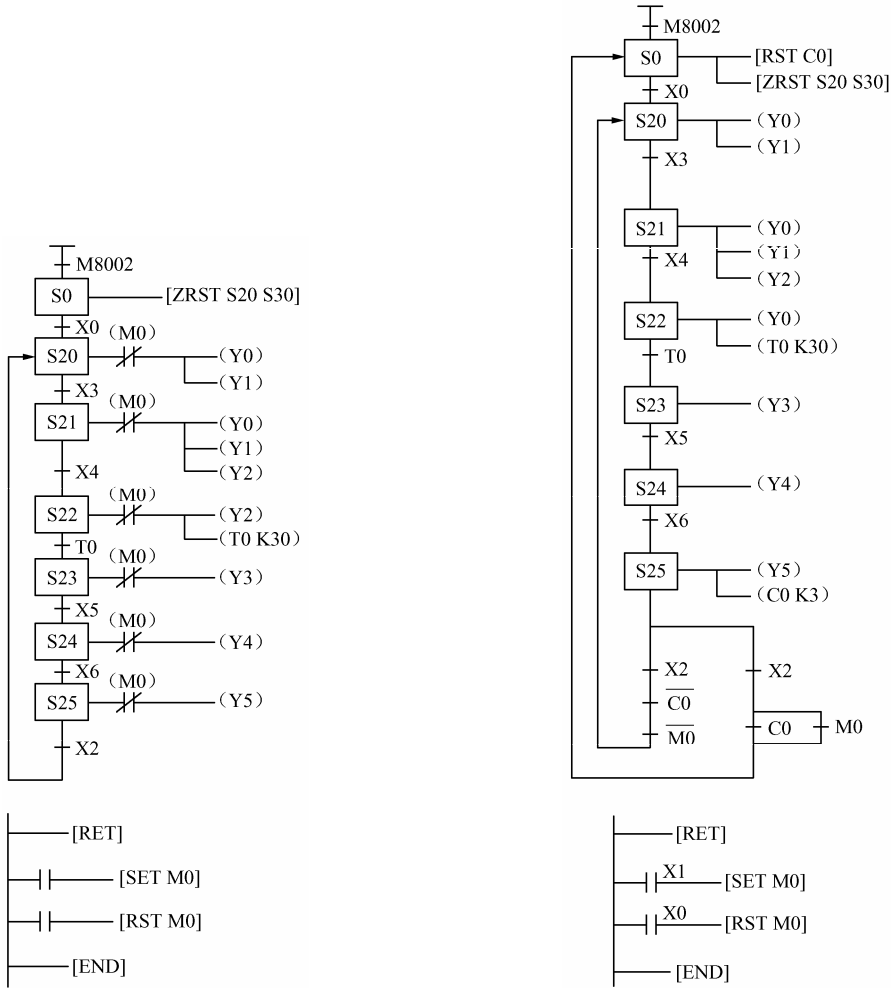


图 5.24 机械滑台第 3 题的参考状态转移图

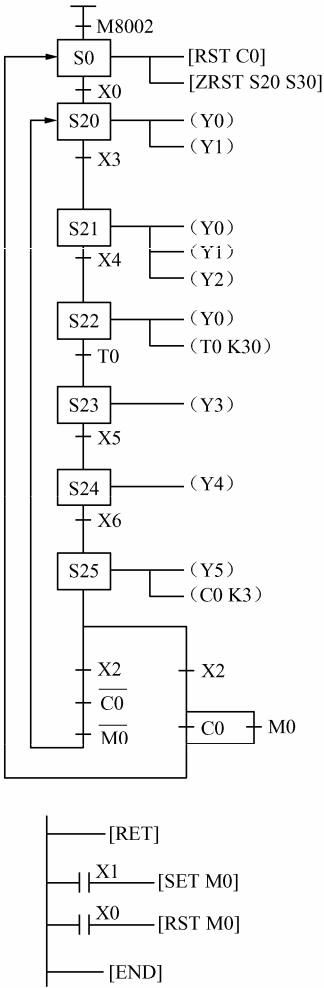


图 5.25 机械滑台第 4 题的参考状态转移图

任务 5 PLC控制红绿灯信号

1. 控制要求

工艺示意图如图 5.26 所示。设置一个控制开关 S01，当它接通时，信号灯控制系统开始工作，且先南北红灯亮，东西绿灯亮。设置一个控制开关 S02，其工作方式可根据要求选定。工艺流程如下所述。

(1) 南北红灯亮并保持 15s，同时东西绿灯亮，但保持 10s，到 10s 时东西绿灯闪亮 3 次（每周期 1s）后熄灭；继而东西黄灯亮，并保持 2s，到 2s 后，东西黄灯熄灭，东西红灯亮，同时南北红灯熄灭和南北绿灯亮。

(2) 东西红灯亮并保持 10s。同时南北绿灯亮，但保持 5s，到 5s 时南北绿灯闪亮 3 次（每周期 1s）后熄灭；继而南北黄灯亮，并保持 2s，到 2s 后，南北黄灯熄灭，南北红灯亮，同时

东西红灯熄灭和东西绿灯亮。

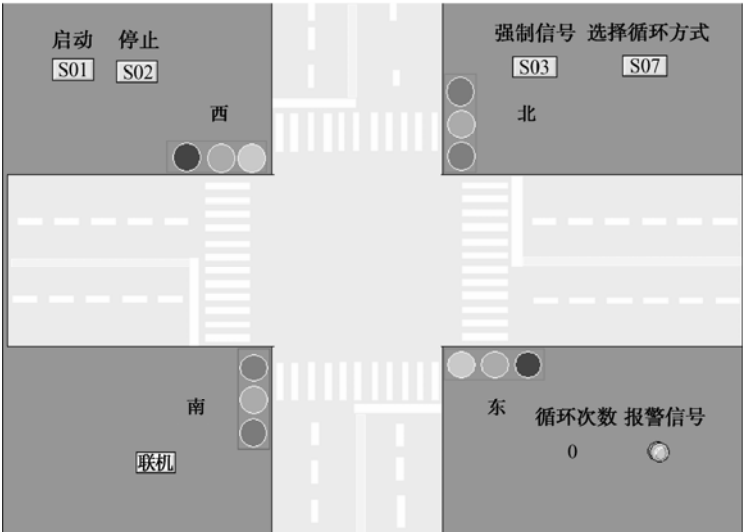


图 5.26 红绿灯的工艺示意图

（3）上述过程做一次循环；当强制按钮 S03 接通时，南北黄灯和东西黄灯同时亮，并不断闪亮（每周期 2s）；同时将控制台指示灯点亮并关闭信号灯控制系统。控制台指示灯及强制闪烁的黄灯在下次启动时熄灭。

2. 实训内容和步骤

（1）输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 S01	X0	南北红灯	Y0
停止按钮 S02	X1	东西绿灯	Y1
选择循环方式按钮 S07	X2	东西黄灯	Y2
强制按钮 S03	X3	东西红灯	Y3
		南北绿灯	Y4
		南北黄灯	Y5
		控制台指示灯	Y6

（2）画出 I/O 接线图。

（3）按下列题目要求编制状态转移图。

以下有 4 个小题，学生可以有选择地进行练习（题后有参考答案）。

① 红绿灯连续循环与单次循环可按 S07 自锁按钮进行选择，当 S07 为“0”时红绿灯连续循环，当 S07 为“1”时红绿灯单次循环。

红绿灯第 1 题的参考状态转移图如图 5.27 所示，参考梯形图及指令表如图 5.28 所示。

② 连续做 3 次循环后自动停止，中途按停止按钮 S02，红绿灯完成一次循环后才能停止。红绿灯第 2 题的参考状态转移图如图 5.29 所示。

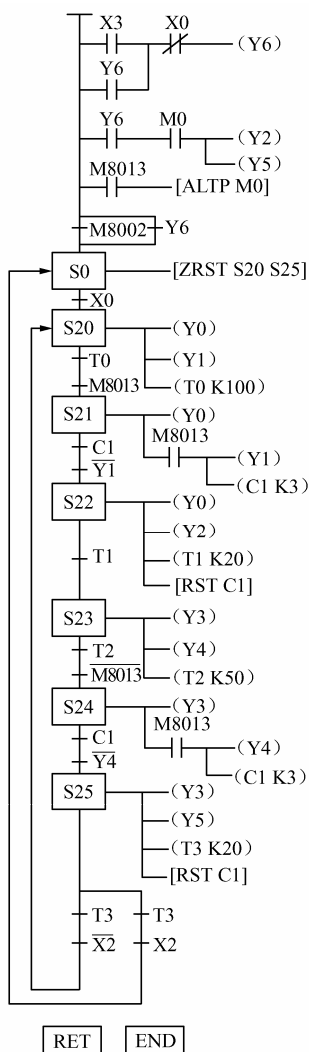


图 5.27 红绿灯第 1 题的参考状态转移图

③ 红绿灯连续循环，按停止按钮 S02 红绿灯立即停止；当再按启动按钮 S01 时，红绿灯重新运行。

红绿灯第 3 题的参考状态转移图如图 5.30 所示。

④ 要求。

● 南北红灯亮并保持 10s，同时东西绿灯亮，但保持 5 s，到 5s 时东西绿灯闪亮 3 次（每一周期为 1s）后熄灭；继而东西黄灯亮，并保持 2s，到 2s 后，东西黄灯熄灭，东西红灯亮，同时南北红灯熄灭和南北绿灯亮。

● 东西红灯亮并保持 10s。同时南北绿灯亮，但保持 5s，到 5s 时南北绿灯闪亮 3 次（每一周期为 1s）后熄灭；继而南北黄灯亮，并保持 2s，到 2s 后，南北黄灯熄灭，南北红灯亮，同时东西红灯熄灭和东西绿灯亮。

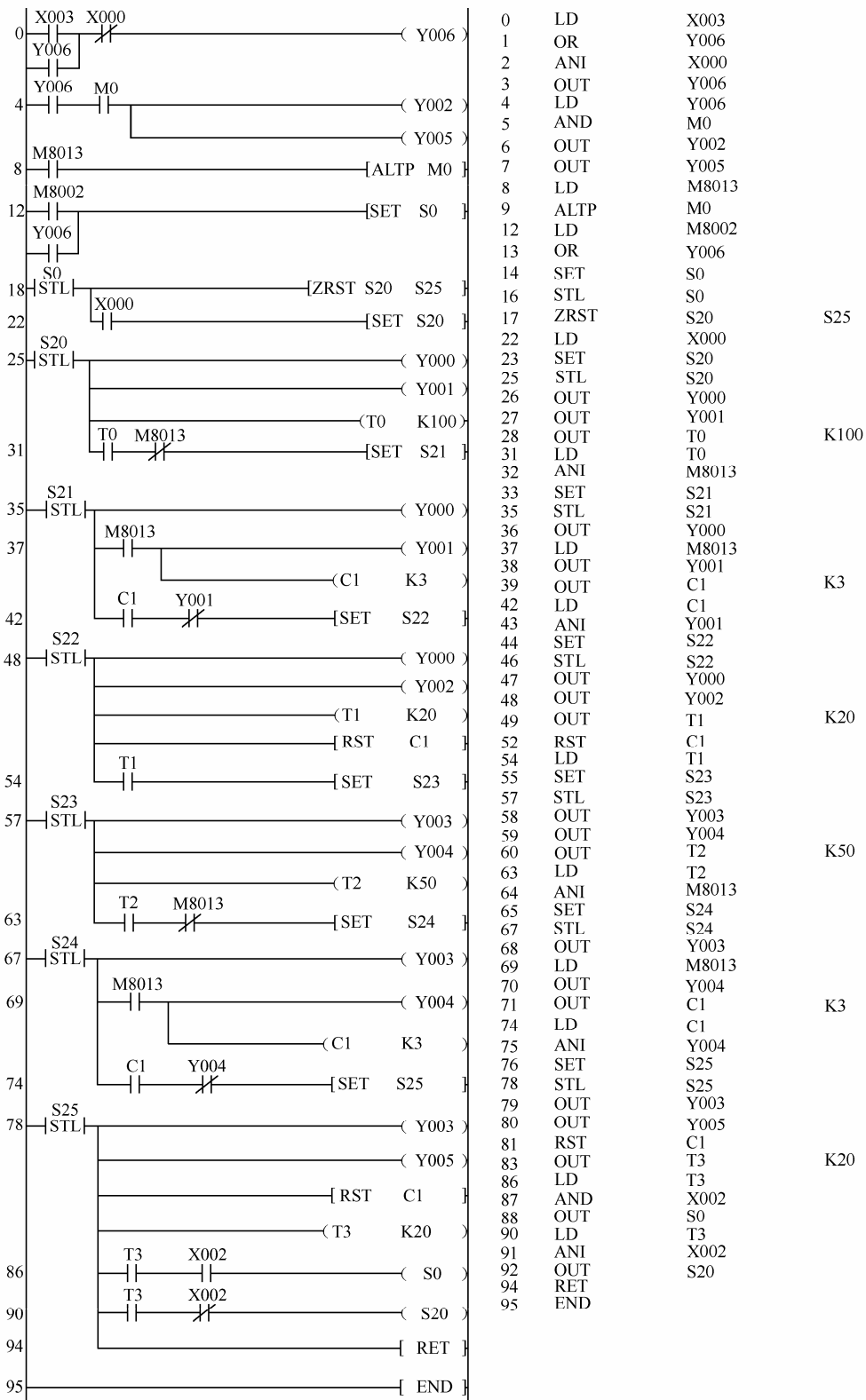


图 5.28 红绿灯第 1 题的参考梯形图及指令表

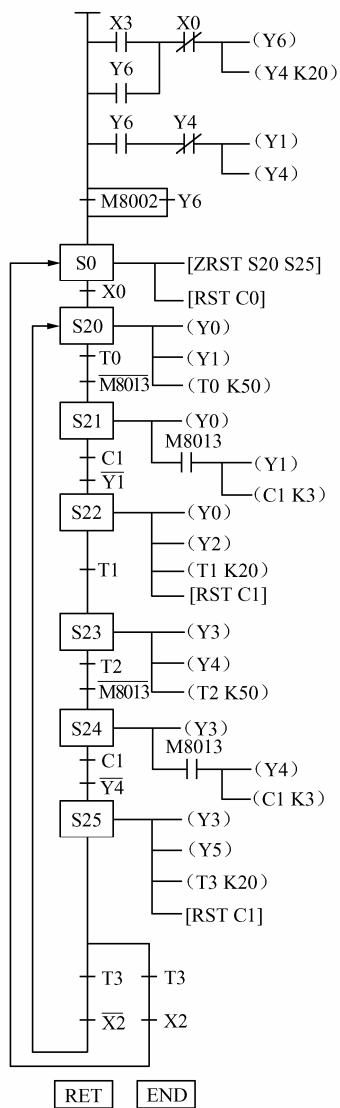


图 5.31 红绿灯第 4 题的参考状态转移图

项目 6 多流程步进指令控制

任务 1 多分支状态转移图的处理

知识链接 1 多分支状态转移图

在状态转移图中除了单流程状态转移图外，还存在多种工作顺序的状态流程图，即选择性分支和并行性分支。

1. 可选择的分支与汇合

从多个流程程序中，选择执行哪一个流程称为选择性分支。如图 6.1 所示是可选择的分支与汇合的状态转移图和梯形图。

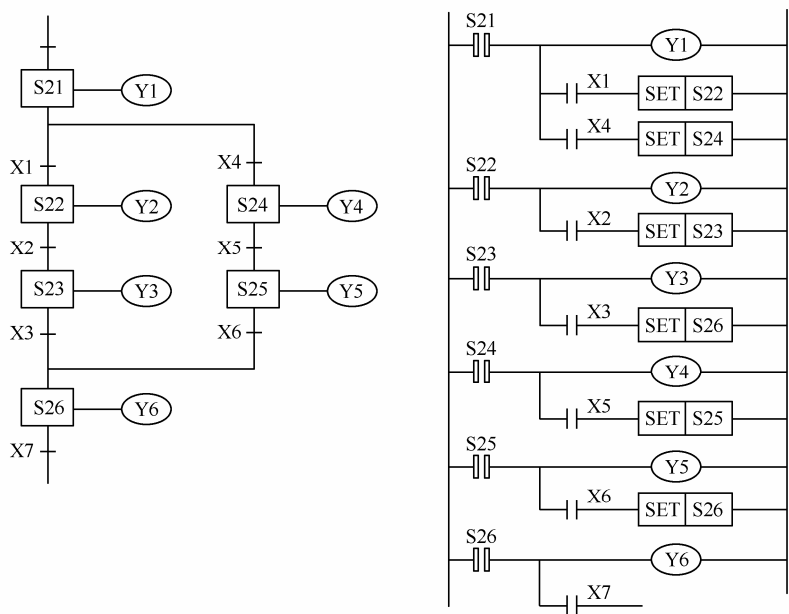


图 6.1 可选择的分支与汇合的状态转移图和梯形图

选择分支和汇合的编程原则是：先集中处理分支状态，然后再集中处理汇合状态。

分支选择条件 X1 和 X4 不能同时接通。在状态器 S21 时，根据 X1 和 X4 的状态决定执行哪一条分支。当状态器 S22 或 S24 接通时，S21 自动复位。状态器 S26 由 S23 或 S25 置位，同时，前一状态器 S23 或 S25 自动复位。图 6.1 对应的语句表如下所示。

STL S21	STL S22	LD X3	STL S25
OUT Y1	OUT Y2	SET S26	OUT Y5

LD X1	LD X2	STL S24	LD X6
SET S22	SET S23	OUT Y4	SET S26
LD X4	LD S23	LD X5	LD S26
SET S24	OUT Y3	SET S25	OUT Y6

2. 并行的分支与汇合

多个流程分支可同时执行的分支流程称为并行分支。如图 6.2 所示是并行的分支与汇合的状态转移图和梯形图。并行分支的编程原则是先集中进行并行分支处理，再集中进行汇合处理。

当转换条件 X1 接通时，由状态器 S21 分两路同时进入状态器 S22 和 S24，以后系统的两个分支并行工作，图 6.2 水平双线强调的是并行工作，实际上与一般状态编程一样，先进行驱动处理，然后进行转换处理，从左到右依次进行。当两个分支都处理完毕后，S23、S25 同时接通，转换条件 X4 也接通时，S26 接通，同时 S23、S25 自动复位。多条支路汇合在一起，实际上是 STL 指令连续使用（在梯形图上是 STL 接点串联）。STL 指令最多可连续使用 8 次，即最多允许 8 条并行支路汇合在一起。与图 6.2 对应的语句表如下所示。

STL S21	OUT Y2	OUT Y4	STL S25
OUT Y1	LD X2	LD X3	LD X4
LD X1	SET S23	SET S25	SET S26
SET S22	STL S23	STL S25	STL S26
SET S24	OUT Y3	OUT Y5	OUT Y6
STL S22	STL S24	STL S23	

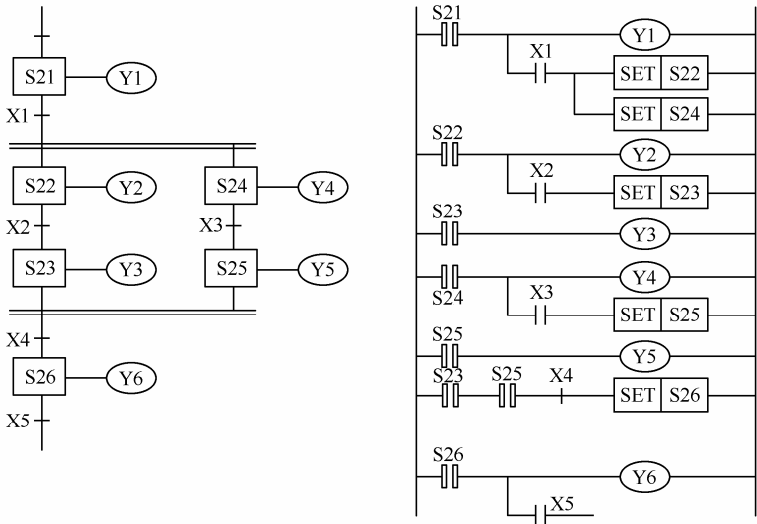


图 6.2 并行的分支与汇合的状态转移图和梯形图

知识链接 2 选择性分支状态转移图的编程实训指导

1. 实训目的

- (1) 掌握选择性分支状态转移图的编程原则和编程方法。
- (2) 掌握选择性分支状态转移图的调试方法。

2. 实训指导及内容

- (1) 编程原则。先集中进行分支状态处理，再集中进行汇合状态的处理。
- (2) 编程方法。

分支状态处理：应先进行分支状态的驱动处理，再按分支的顺序进行转移处理。

汇合状态处理：应先进行汇合前状态（分支状态—汇合状态之间的中间状态）处理，再依据分支顺序进行各分支到汇合状态的转移。

- (3) 相关内容为任务 2～任务 3。

知识链接 3 并联性分支状态转移图的编程实训指导

1. 实训目的

- (1) 掌握并联性分支状态转移图的编程原则和编程方法。
- (2) 掌握并联性分支状态转移图的调试方法。

2. 实训指导及内容

- (1) 编程原则。先集中进行分支状态处理，再集中进行汇合状态处理。
- (2) 编程方法。

分支状态处理：先进行分支状态的驱动处理，再按分支的顺序进行转移处理。

汇合状态处理：先进行汇合前状态（分支状态—汇合状态之间的中间状态）的处理（含这些状态的驱动和转移），再依据分支顺序进行由各分支到汇合状态的转移，即各分支最后一个状态到汇合状态的转移。

- (3) 相关内容为任务 4～任务 6。

任务 2 三台电机的循环启停运转控制设计

1. 控制要求

三台电机接于 Y1、Y2、Y3，要求它们相隔 5s 启动，停车顺序相反，间隔为 5s，X0 为起初信号，X1 为停止信号。

2. 实训要求

- (1) 编制选择性分支状态转移图。
- (2) 写出指令表或画出梯形图。
- (3) 调试运行并观察结果的正确性。
- (4) 三台电动机选择性分支控制参考状态转移图如图 6.3 所示。

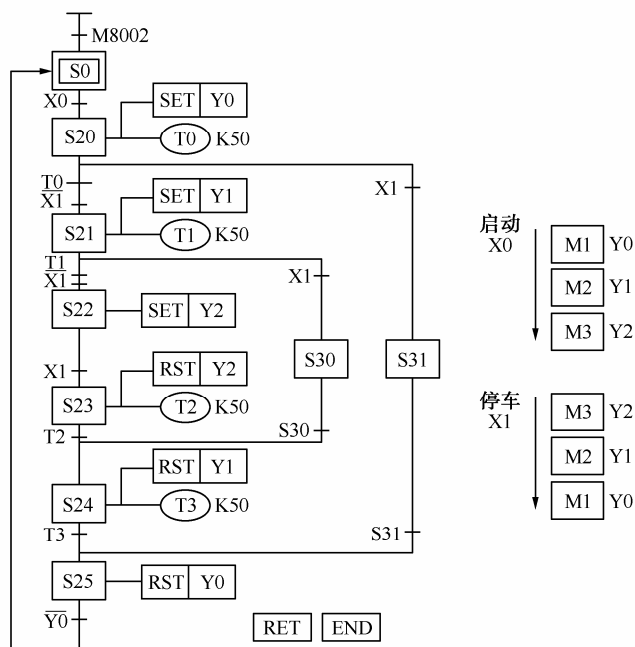


图 6.3 三台电动机选择性分支控制参考状态转移图

任务 3 双门通道的自动控制

如图 6.4 所示为双门通道自动控制开关门的原理示意图，该通道的两个出口（甲、乙）设立两个电动门：门 1（B1）和门 2（B2）。在两个门的外侧设有开门的按钮 X1 和 X2，在两个门的内侧设有光电传感器的 X11 和 X12，以及开门的按钮 X3 和 X4，可以自动完成门 1 和门 2 的打开。门 1 和门 2 不能同时打开。设计满足下列要求的控制程序。

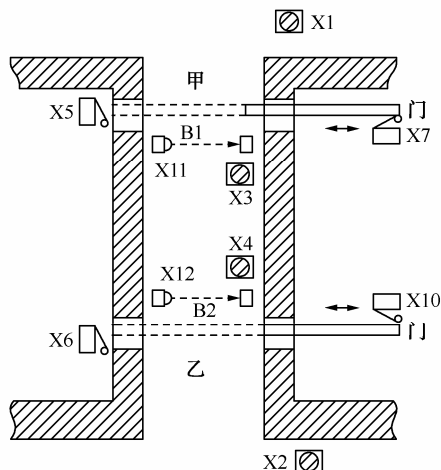


图 6.4 双门通道自动控制开关门的原理示意图

1. 控制要求

(1) 若有人在甲处按下开门按钮 X1，则门 B1 自动打开，3s 后关闭，再自动打开门 B2。

- (2) 若有人在乙处按下开门按钮 X2，则门 B2 自动打开，3s 后关闭，再自动打开门 B1。
- (3) 在通道内的人通过操作 X3 和 X4 可立即进入门 B1 和 B2 的开门程序。
- (4) 每道门都安装了限位开关 (X5、X6、X7、X10)，用于确定门关闭和打开是否到位。
- (5) 在通道外的开门按钮 X1 和 X2 有相对应的指示灯 LED，当按下开门按钮后，指示灯 LED 亮，门关好后 LED 指示灯熄灭。
- (6) 当光电传感器检测门 B1、B2 的内侧有人时，则自动进入开门程序。

2. 实训要求

- (1) 输入/输出地址配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
B1 门外按钮	X1	打开 B1 门	Y1
B1 门内按钮	X3	关闭 B1 门	Y2
B1 门关门到位	X5	打开 B2 门	Y3
B1 门开门到位	X7	关闭 B2 门	Y4
B1 门内光电传感器	X11	按钮 X1 的指示灯	Y5
B2 门外按钮	X2	按钮 X2 的指示灯	Y6
B2 门内按钮	X4		
B2 关门到位	X6		
B2 开门到位	X10		
B2 门内的光电传感器	X12		

- (2) 画出梯形图或写出指令表。
- (3) 调试控制程序。
- (4) 编写实训报告。
- (5) 双门通道自动控制参考状态转移图如图 6.5 所示。

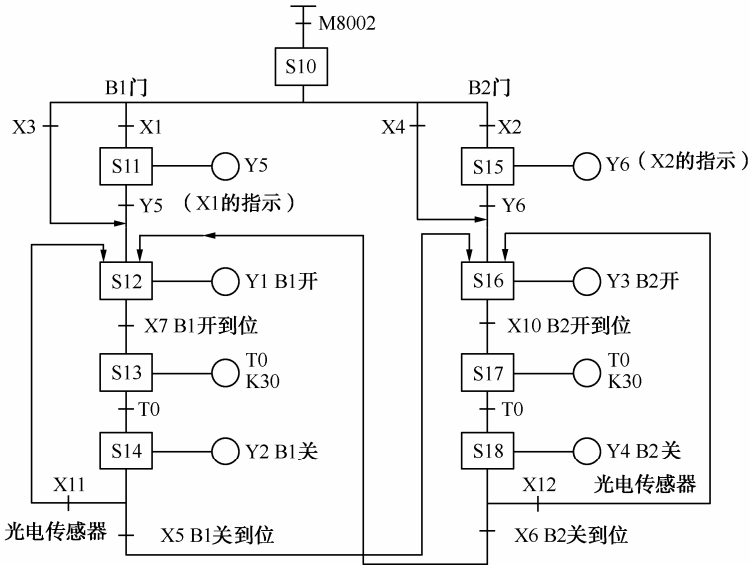


图 6.5 双门通道自动控制参考状态转移图

任务 4 化工生产的液体混合控制

1. 控制要求

某化学反应过程由四个容器组成，如图 6.6 所示。容器之间用泵连接，每个容器都装有检测容器空和满的传感器。1 号、2 号容器分别用泵 P1、泵 P2 将碱溶液和聚合物灌满，灌满后传感器发出信号，P1、P2 关闭。2 号容器开始加热，当温度达到 60℃时，温度传感器发出信号，关掉加热器，然后，泵 P3、泵 P4 分别将 1 号、2 号容器中的溶液输送到 3 号反应器中，同时搅拌器启动，搅拌时间为 60s，一旦 3 号容器满或 1 号、2 号容器空，则泵 P3、泵 P4 停，等待。当搅拌时间到，P5 将混合液抽入 4 号产品池容器，直到 4 号容器满或 3 号容器空。产品用 P6 抽走，直到 4 号容器空，这样就完成一次循环。在任何时候按下停止操作按钮后，控制系统都要将当前的化学反应过程进行到结束，才能停止动作，返回到初始状态。

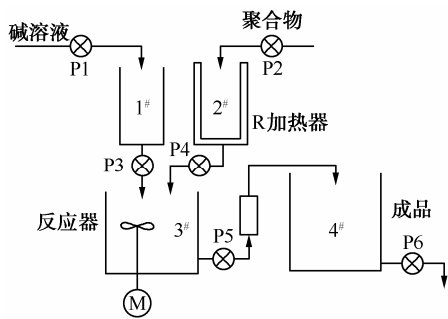


图 6.6 化学反应装置示意图

2. 实训要求

(1) 输入/输出地址配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动	X0	泵 P1	Y0
停止	X1	泵 P2	Y1
1# 满	X2	加热器	Y2
1# 空	X3	泵 P3	Y3
2# 满	X4	泵 P4	Y4
2# 空	X5	搅拌器 MA	Y5
3# 满	X6	泵 P5	Y6
3# 空	X7	泵 P6	Y7
4# 满	X10		

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
4# 空	X11		
温度传感器	X12		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 根据控制要求画出状态转移图、梯形图，写出语句表。
- (4) 调试控制程序。
- (5) 化学反应控制的参考状态转移图如图 6.7 所示，参考梯形图如图 6.8 所示。

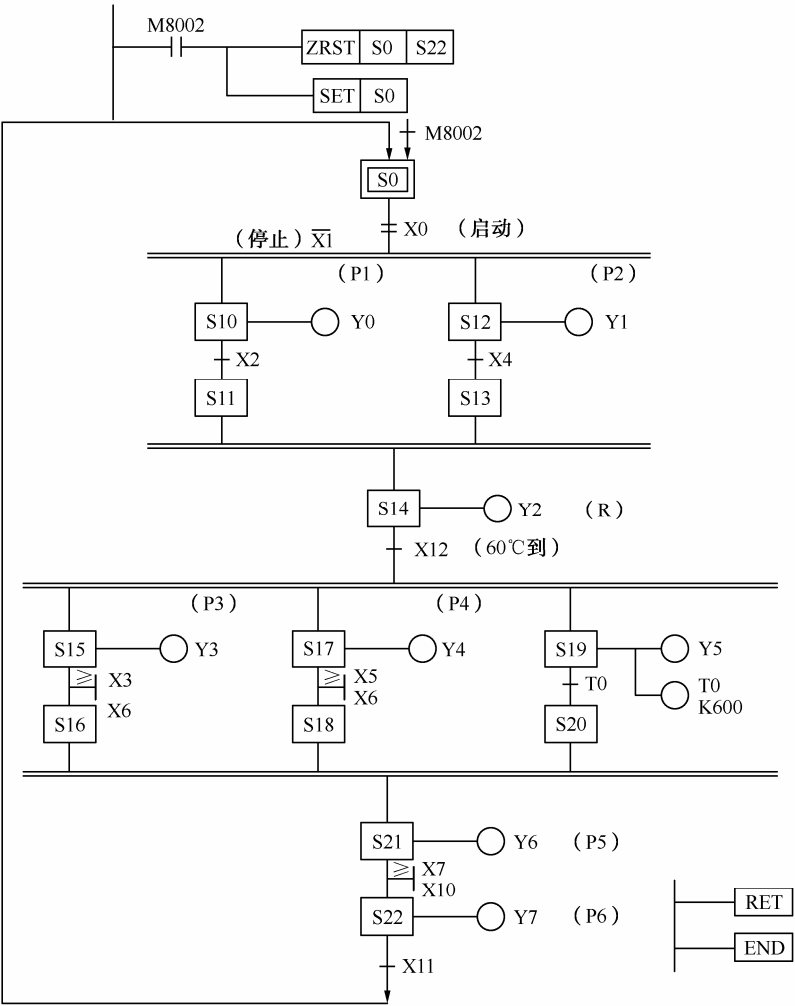


图 6.7 化学反应控制的参考状态转移图

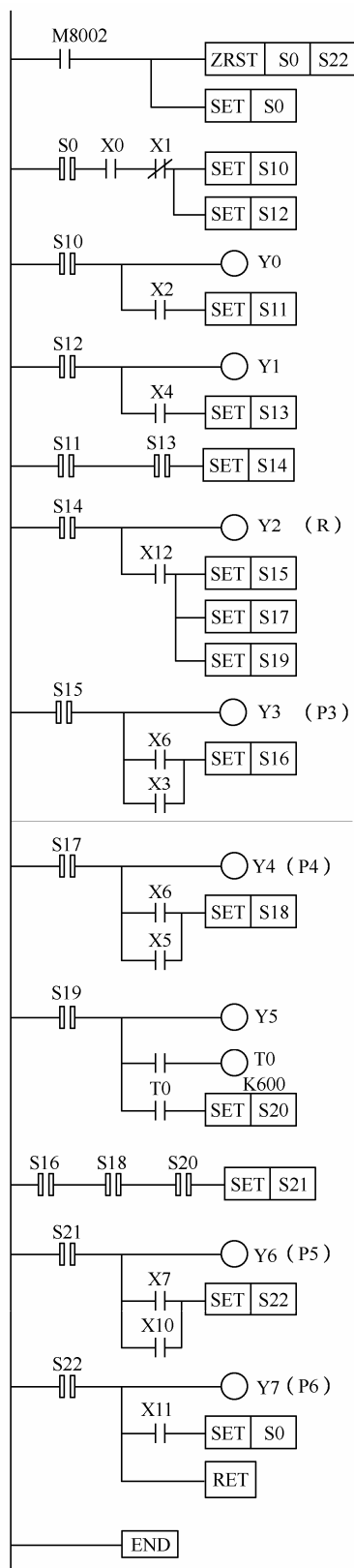


图 6.8 化学反应控制的参考梯形图

任务 5 PLC控制双工作台工作

有一台多工位、双动力头组合机床，其示意图如图 6.9 所示，其回转台 M5 周边均匀地安装了 12 个撞块，通过限位开关 SQ7 的信号可做最小为 30° 的分度。加工前，动力头和回转工作台均在原位，即限位开关 SQ3、SQ6、SQ7 被压合，回转工作台上夹具放松。试用 PLC 来控制组合机床的工艺流程。

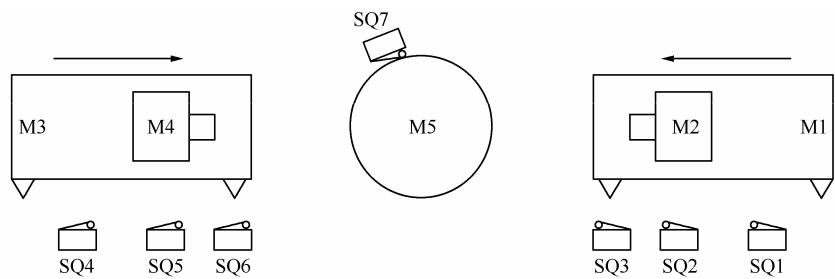
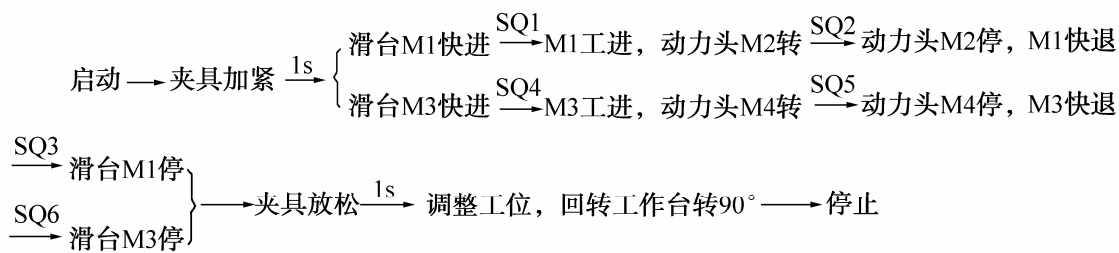


图 6.9 双动力头组合机床示意图

1. 控制要求



2. 实训要求

(1) 输入/输出地址配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
起初按钮 SB	X0	M1 快进	Y1
限位开关 SQ1	X1	M1 工进	Y2
限位开关 SQ2	X2	M1 快退	Y3
限位开关 SQ3	X3	M2 转	Y11
限位开关 SQ4	X4	M3 快进	Y4
限位开关 SQ5	X5	M3 工进	Y5
限位开关 SQ6	X6	M3 快退	Y6
限位开关 SQ7	X7	M4 转	Y12
		回转工作台 M5 转	Y10
		夹具夹紧电磁阀	Y7

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 根据控制要求画出状态转移图、梯形图，写出语句表。
- (4) 调试控制程序。
- (5) PLC 控制双工作台参考状态转移图如图 6.10 所示，参考梯形图如图 6.11 所示。

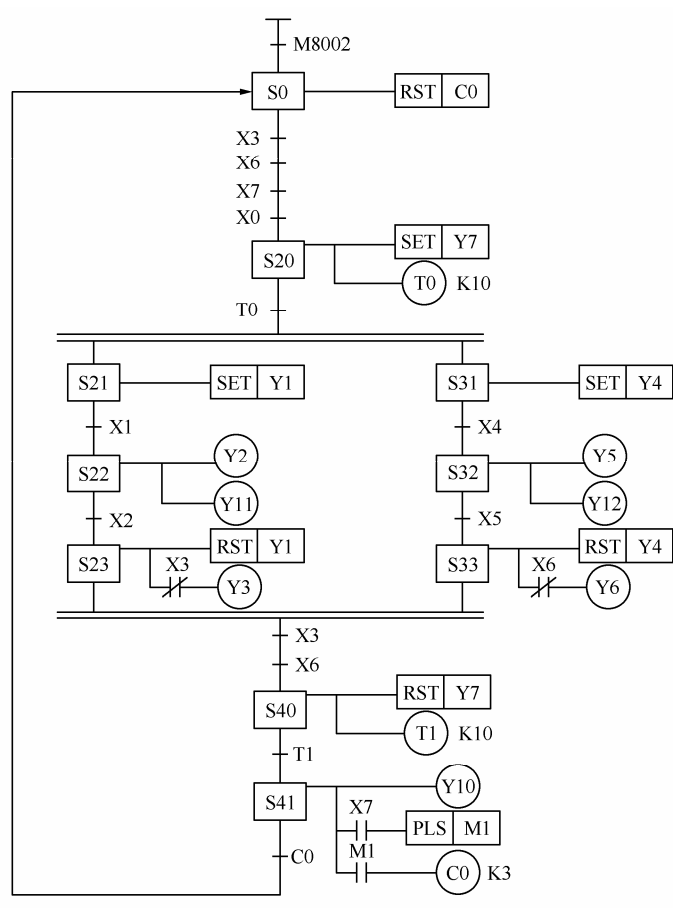


图 6.10 PLC 控制双工作台的参考状态转移图

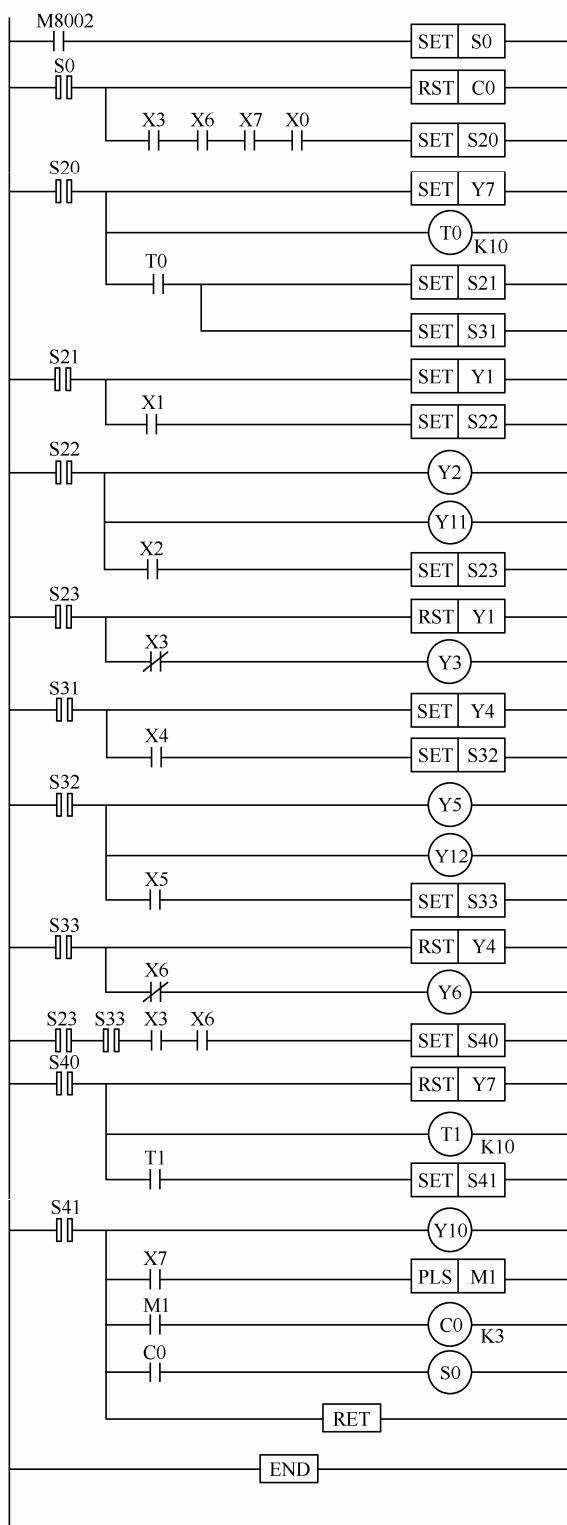


图 6.11 PLC 控制双工作台的参考梯形图

任务 6 半自动钻孔工作站的顺序控制

一个具有 3 个工位和 1 个旋转圆盘的工作站，如图 6.12 所示，其工作流程是：当按下启动按钮后，系统开始运行，3 个工位同时投入各自的工作顺序，即上料、钻孔、检测及卸工件。当 3 个工位都进入等待状态后，料盘旋转 120°，等待新一轮工件的加工。

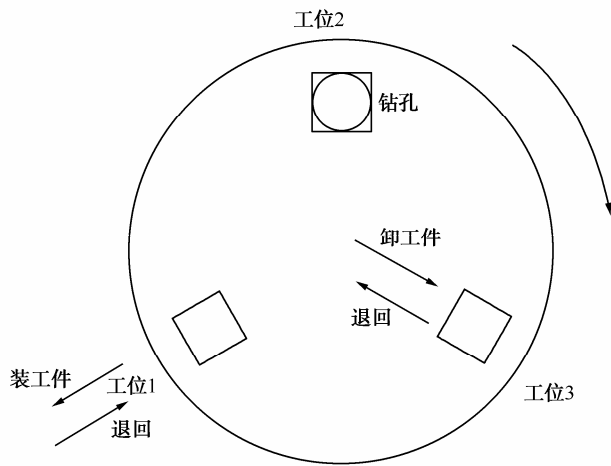


图 6.12 三工位半自动化钻孔工作站示意图

1. 控制要求

各工位的具体工作顺序如下所述。

工位 1：推料杆将料推进，料到位后退回，退回到位后等待。

工位 2：将工件夹紧后，钻头下钻，下钻到位后退出，退回到位后，放松工件，完全放松后，进入等待。

工位 3：深度计下降，如在某一时间间隔（2s）内下降到某一位置，深度计返回，返回到位后，推料杆退回，退回到位后等待。如深度计在上述时间间隔以外仍未下降到位，深度计返回，退回到位后，手动卸下工件（报废），卸下工件后按下卸毕开关进入等待。

2. 实训要求

（1）输入/输出地址配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动信号	X0	推进	Y0
到位	X1	退回	Y1
退毕	X2	夹紧	Y2
夹紧完成	X3	钻	Y3
钻到位	X4	钻上	Y4
到顶	X5	放松	Y5
放松毕	X6	深度计下	Y6
深度计到底	X7	深度计上	Y7

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
深度计到顶	X10	卸件	Y10
卸毕	X11	返回	Y11
手动复位	X12	转 120°	Y12
转毕	X13	定时器	T0
返毕	X14		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 根据控制要求画出状态转移图、梯形图，写出语句表。
- (4) 调试控制程序。
- (5) 三工位半自动钻孔工作站的顺序控制参考状态转移图如图 6.13 所示。

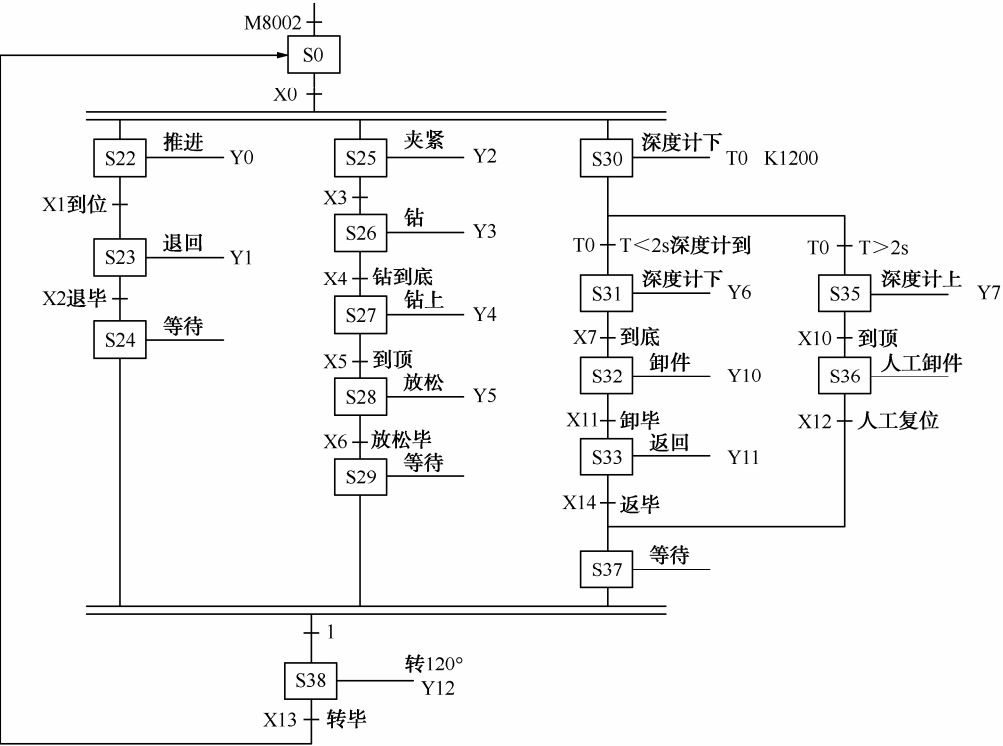


图 6.13 三工位半自动钻孔工作站的顺序控制参考状态转移图

任务 7 输送带自动控制系统

1. 控制要求

- (1) 按下启动按钮 SB1，电动机 M1、M2 启动，驱动输送带 1、2 工作，按下停止按钮 SB2，输送带停车。
- (2) 当工件到达转运点 A 时，SQ1 动作使输送带 1 停止，同时汽缸 1 动作将工件推上输

送带 2，汽缸采用自动归位型，由电磁阀控制，得电动作，失电自动归位，SQ2 用于检测汽缸 1 是否动作到位，汽缸归位后输送带方可启动，归位时间 5s。

(3) 当工件到达搬动点 B 时，SQ3 动作使输送带 2 停止，同时汽缸动作，将工件推上小车。SQ4 用于检测汽缸 2 是否动作到位，汽缸归位后，输送带方可启动，归位时间 5s，如图 6.14 所示。

(4) 重复上述动作。

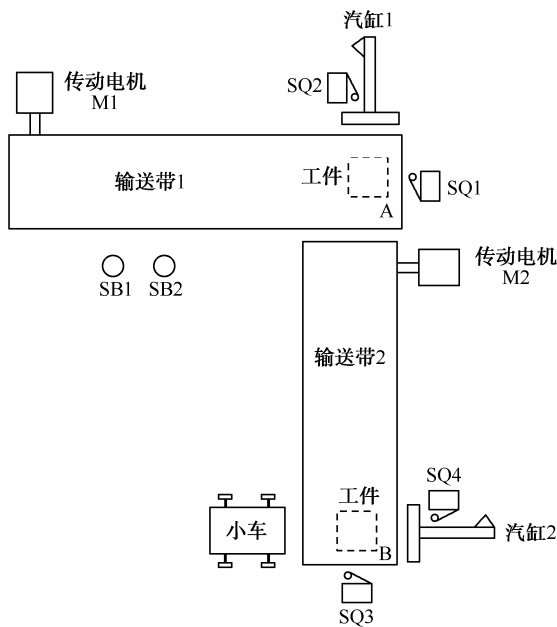


图 6.14 输送带自动控制系统示意图

2. 实训要求

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
SB1	X0	M1	Y0
SB2	X1	M2	Y1
SQ1	X2	汽缸 1	Y2
SQ2	X3	汽缸 2	Y3
SQ3	X4		
SQ4	X5		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 根据控制要求画出状态转移图、梯形图，写出语句表。
- (4) 调试控制程序。

任务 8 化工加热反应釜控制

如图 6.15 所示为化工加热反应釜的结构示意图，图中 Y1、Y2、Y3、Y4 为电磁阀，ST (X0) 为温度传感器，SP (X1) 为压力传感器，SL1 (X2) 和 SL2 (X3) 为液位传感器。

要求设计符合反应釜加热工艺的控制程序。

1. 控制要求

- (1) 初始时，所有电磁阀关闭，液面低于 SL2，加热器 KM 停止。
- (2) 打开排气阀 Y1 和进料阀 Y2。
- (3) 当液体上升到 SL1 时，关闭排气阀 Y1 和进料阀 Y2。
- (4) 延时 20s，开启氮气阀 Y3，直到压力传感器 SP=1 时，关闭 Y3。
- (5) 接通 KM (Y5) 进行加热，直到温度传感器 ST=1 时，关闭 Y5。延时 10s，加热过程结束。
- (6) 同时打开排气阀和泄放阀，直到压力 SP=0，低液位 SL2=0，关闭泄放阀和排气阀，系统恢复到原始状态，准备下一次循环。
- (7) 按启动按钮，系统开始工作；按停止按钮，系统必须在一个循环的工作结束后才能停下来。

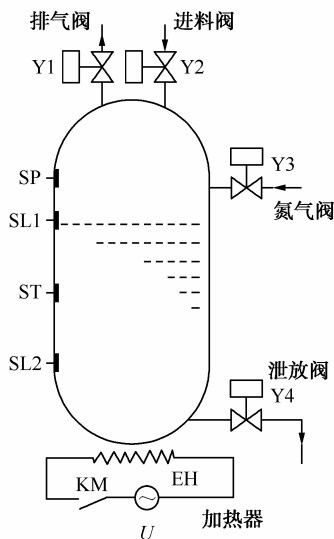


图 6.15 化工加热反应釜的结构示意图

2. 实训要求

- (1) 写出 I/O 地址分配。
- (2) 画出状态转移图。
- (3) 写出指令表。
- (4) 调试程序。

项目 7 维修电工技师实训

任务 1 用PLC控制反应炉的动作

1. 控制要求

反应炉工艺共分为三个过程，第一个过程为进料过程：当液面低于下液面传感器（SL2=1），温度低于低温传感器（ST2=1），压力低于低压传感器（SP2=1）时，排气阀（YV1）和进料阀（YV2）打开；液面上升至液面传感器（SL1=1），关闭排气阀和进料阀，延时 3s 打开氮气阀（YV3），反应炉内压力上升至高压传感器（SP1=1），关闭氮气阀，开始第二个过程。第二个过程为加热过程：加热接触器 KM 吸合，温度上升至高温传感器（ST1=1），断开加热接触器，降温，延时 4s 开始第三个过程。第三个过程为泄放过程：打开排气阀（YV1）和泄放阀（YV4），气压下降至低压传感器，关闭排气阀，液位下降至下液面传感器，关闭泄放阀。以上三个过程为一个工作循环。

按下 S01 启动按钮，开始反应炉工艺，一直循环下去，直到按下 S02 停止按钮，工艺完成一个循环，停止。反应炉工艺图如图 7.1 所示。

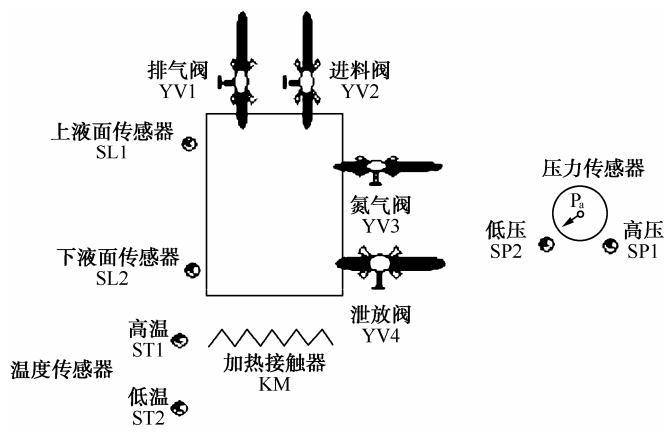


图 7.1 反应炉工艺图

2. 实训要求

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
高温传感器 ST1	X0 (M2)	加热接触器 KM	Y0
低温传感器 ST2	X1 (M3)	排气阀 YV1	Y1
高压传感器 SP1	X2 (M0)	进料阀 YV2	Y2

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
低压传感器 SP2	X3 (M1)	氮气阀 YV3	Y3
上液面传感器 SL1	X4 (M4)	泄放阀 YV4	Y4
下液面传感器 SL2	X5 (M5)		
启动按钮 S01	X6		
停止按钮 S02	X7		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 根据控制要求画出状态转移图、梯形图，写出语句表。
- (4) 调试控制程序。
- (5) 反应炉控制的参考状态转移图如图 7.2 所示。

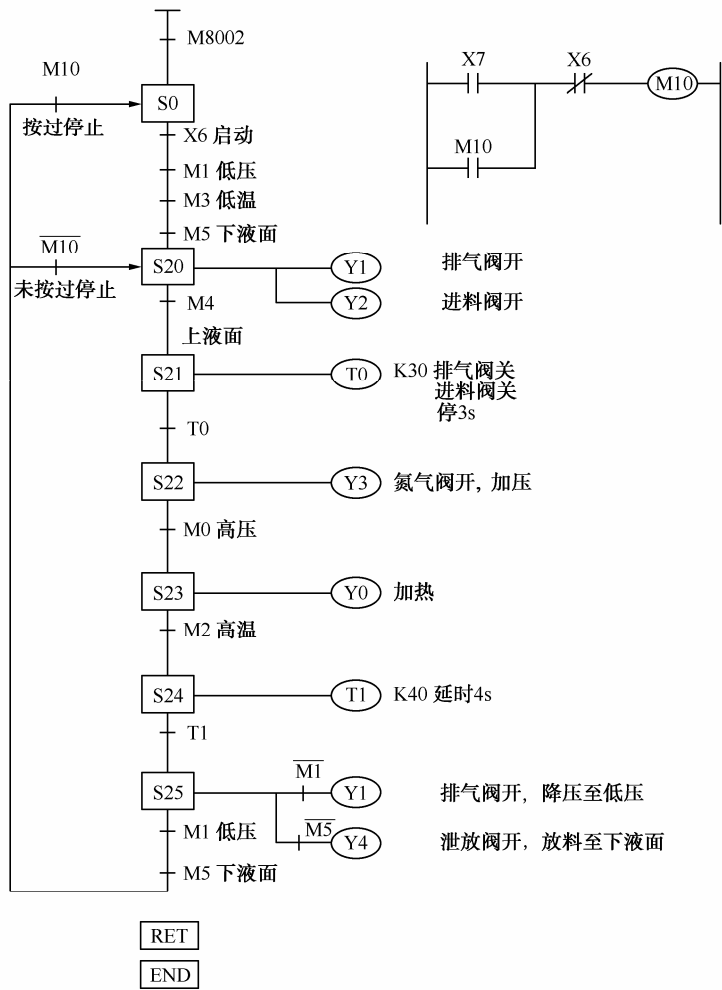


图 7.2 反应炉控制的参考状态转移图

任务 2 用PLC控制拣球的动作

1. 控制要求

吸盘原始位置在左上方，左限开关 LS1、上限开关 LS3 压合，单击电脑仿真程序中“选球”按钮，选择大球或小球，按 S01 启动按钮，下降电磁阀 KM0 吸合，延时 7s，下降电磁阀 KM0 断开，吸合电磁阀 KM1 吸合，若是小球，吸盘碰到下限开关 LS2 压合，若是大球，吸盘则碰不到下限开关 LS2，然后上升电磁阀 KM2 吸合，吸盘碰到上限开关 LS3 压合，上升电磁阀 KM2 断开，右移电磁阀 KM3 吸合，若是小球，吸盘碰到小球右限开关 LS4 压合，右移电磁阀 KM3 断开，下降电磁阀 KM0 吸合，若是大球，吸盘碰到大球右限开关 LS5 压合，右移电磁阀 KM3 断开，下降电磁阀 KM0 吸合，然后吸盘碰到下限开关 LS2 压合，吸合电磁阀 KM1 断开，下降电磁阀 KM0 断开，上升电磁阀 KM2 吸合，吸盘碰到上限开关 LS3 压合，上升电磁阀 KM2 断开，左移电磁阀 KM4 吸合，吸盘碰到左限开关 LS1 压合。左移电磁阀 KM4 断开，如此完成一个循环。拣球工艺图如图 7.3 所示。

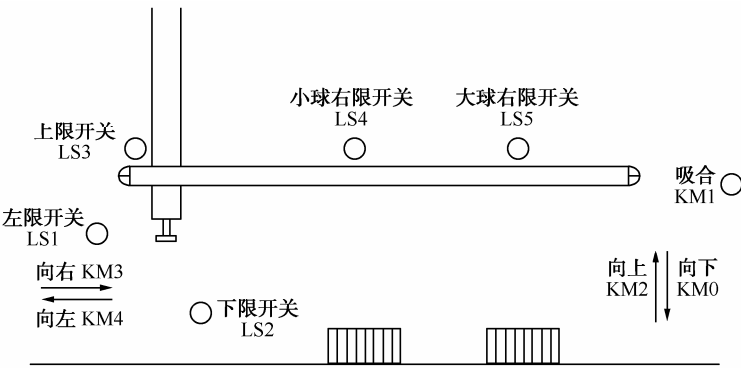


图 7.3 拣球工艺图

2. 实训要求

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 S01	X0	下降电磁阀 KM0	Y0
左限开关 LS1	X1	吸合电磁阀 KM1	Y1
下限开关 LS2	X2 (M2)	上升电磁阀 KM2	Y2
上限开关 LS3	X3	右移电磁阀 KM3	Y3
小球右限开关 LS4	X4	左移电磁阀 KM4	Y4
大球右限开关 LS5	X5		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 根据控制要求画出状态转移图、梯形图，写出语句表。
- (4) 调试控制程序。
- (5) 拣球控制的参考状态转移图如图 7.4 所示。

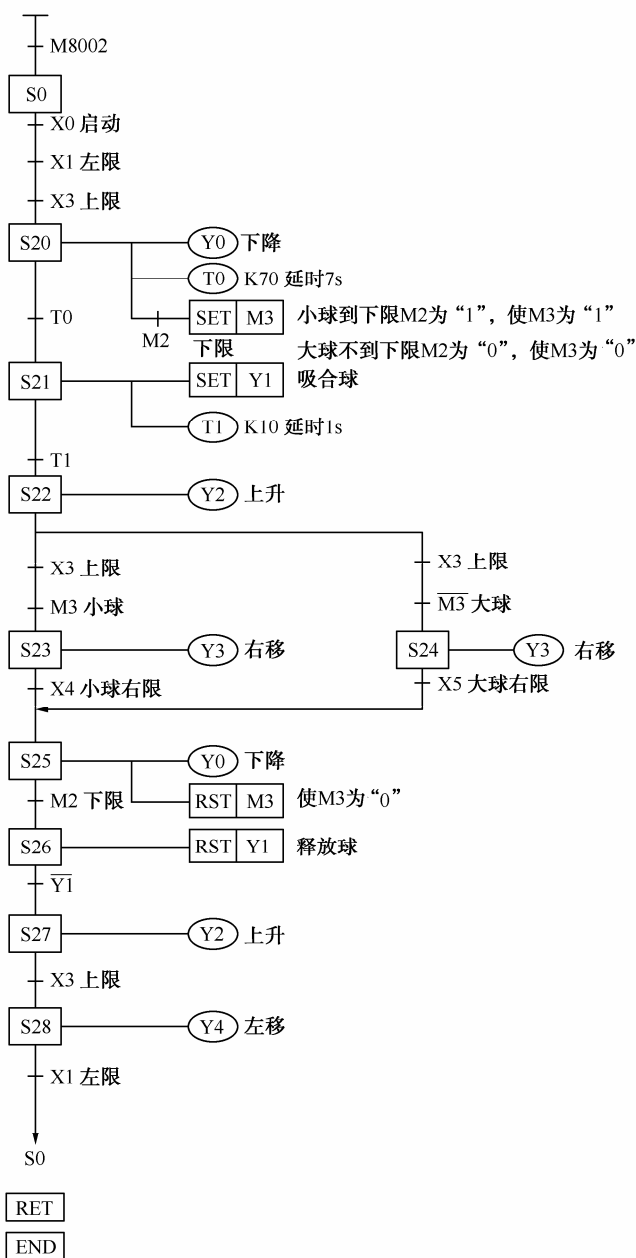


图 7.4 拣球控制的参考状态转移图

任务 3 用PLC控制污水处理过程

1. 控制要求

按 S09 按钮选择废水的程度 (0 为轻度, 1 为重度), 按 S01 (启动按钮) 启动污水泵, 污水到位后由 PC 机发出污水到位信号, 关闭污水泵, 启动一号除污剂泵, 一号除污剂到位后由 PC 机发出一号除污剂到位信号, 关闭一号除污剂泵。如果是轻度污水, 启动搅拌泵:

如果是重度污水，启动二号除污剂泵，二号除污剂到位后由 PC 机发出二号除污剂到位信号，关闭二号除污剂泵，启动搅拌泵，延时 6s，关闭搅拌泵，启动放水泵，放水到位后由 PC 机发出放水到位信号，关闭放水泵，延时 1s，开启罐底的门，污物自动落下，计数器自动累加 1，延时 4s 关门，当计数器值不为 3 时，延时 2s，继续第二次排污工艺。当计数器累加到 3 时，延时 2s，计数器自动清零，小车启动，延时 6s，继续排污工艺。如果按过 S02（停止按钮），则在关闭罐底的门后，延时 2s，整个工艺停止。污水处理过程工艺图如图 7.5 所示。

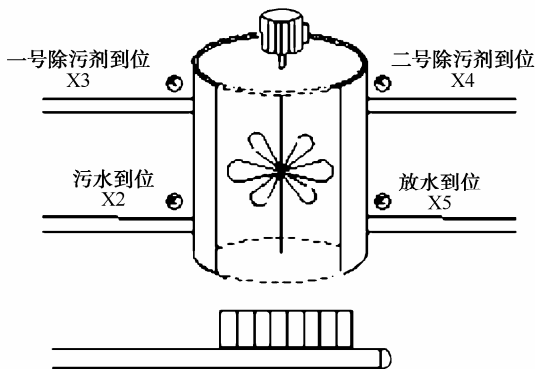


图 7.5 污水处理过程工艺图

2. 实训要求

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 S01	X0	开启污水泵	Y0
停止按钮 S02	X1	开启一号除污剂泵	Y1
污水到位信号	X2	开启二号除污剂泵	Y2
一号除污剂到位信号	X3	开启搅拌泵	Y3
二号除污剂到位信号	X4	开启放水泵	Y4
放水到位信号	X5	开门电机	Y5
选择按钮 S09	X6	小车电机	Y6
		计数	C0

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 根据控制要求画出状态转移图、梯形图，写出语句表。
- (4) 调试控制程序。
- (5) 污水处理过程控制的参考状态转移图如图 7.6 所示。

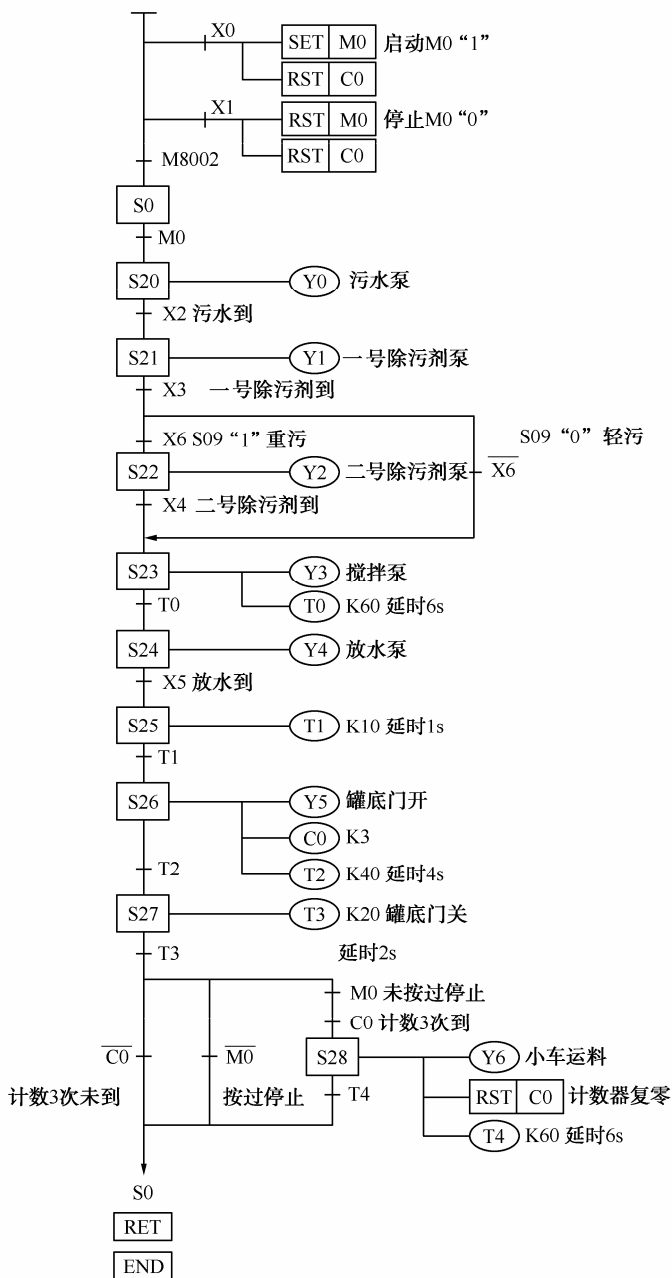


图 7.6 污水处理过程控制的参考状态转移图

任务 4 用PLC控制自动喷漆过程

1. 控制要求

按 S03 (红色)、S04 (黄色)、S05 (绿色) 选择按钮选择要喷漆的颜色 (只有在工艺停止的状态下才可以进行), 由 Y1 (红色)、Y2 (黄色)、Y3 (绿色) 分别控制喷漆的颜色, 按 S01 启动按钮启动流水线, 轿车到一号位, 由 PC 机发出一号位到位信号, 流水线停止, 延时

1s，一号门开启，延时 2s，流水线重新启动，轿车到二号位，由 PC 机发出二号位到位信号，流水线停止，一号门关闭，延时 2s，开始喷漆，延时 6s，二号门开启，延时 2s，流水线重新启动，轿车到三号位，由 PC 机发出三号位到位信号，二号门关闭，计数器累加 1，继续开始第二辆轿车。当计数器累加到 3 时延时 4s，整个工艺停止，计数器自动清零。当按下 S02 停止按钮，轿车到三号位后，延时 4s，整个工艺停止，计数器自动清零。自动喷漆工艺图如图 7.7 所示。

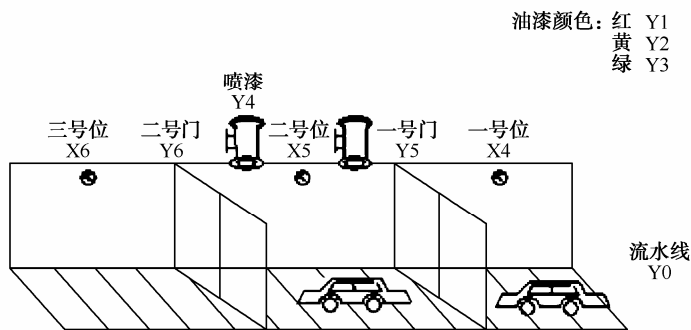


图 7.7 自动喷漆工艺图

2. 实训要求

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 S01	X0	流水线运行	Y0
选择红色按钮 S03	X1	红色喷漆	Y1
选择黄色按钮 S04	X2	黄色喷漆	Y2
选择绿色按钮 S05	X3	绿色喷漆	Y3
一号位到位信号	X4	喷漆阀门开启	Y4
二号位到位信号	X5	一号门开启	Y5
三号位到位信号	X6	二号门开启	Y6
停止按钮 S02	X7		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 根据控制要求画出状态转移图、梯形图，写出语句表。
- (4) 调试控制程序。
- (5) 自动喷漆控制的参考状态转移图如图 7.8 所示。

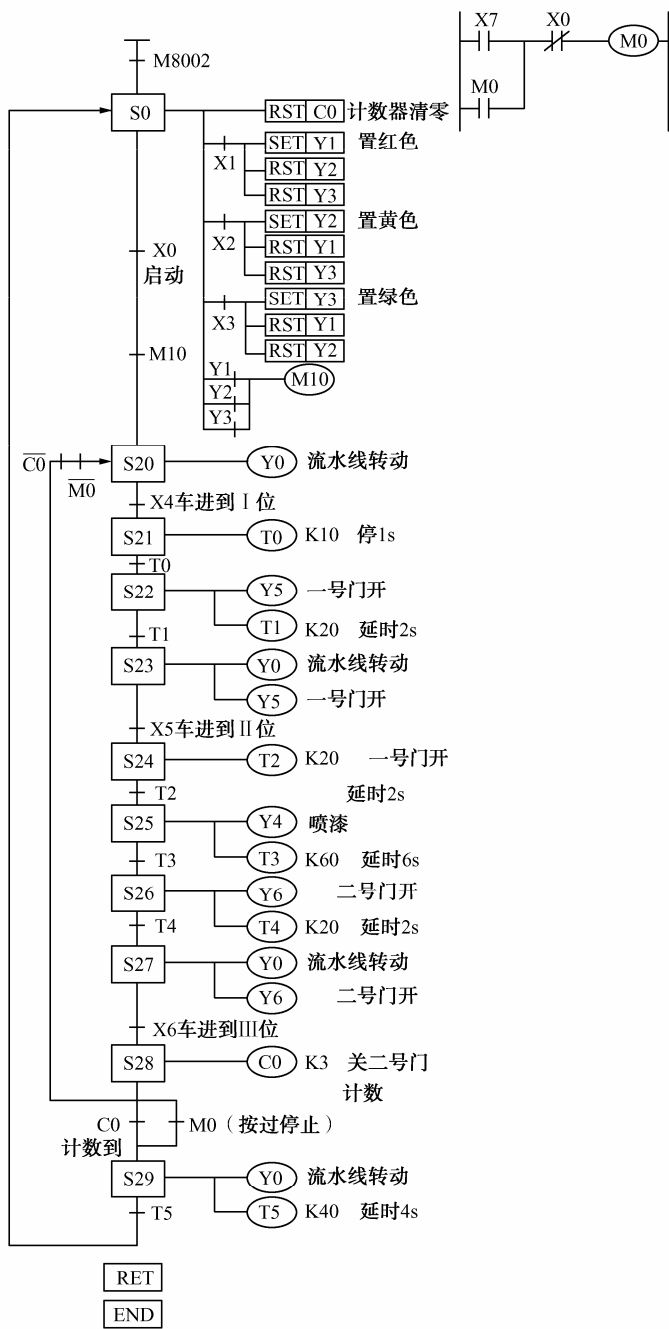


图 7.8 自动喷漆控制的参考状态转移图

任务 5 用PLC控制喷水池的动作

1. 控制要求

喷水池工艺图如图 7.9 所示。喷水池有红、黄、蓝三色灯，两个喷水龙头和一个带动龙头移动的电磁阀，按 S01 启动按钮开始动作，喷水池的动作以 45s 为一个循环，每 5s 为一个

节拍，连续工作 3 次后，停止 10s，如此不断循环直到按下 S02 停止按钮后，完成一个循环，整个工艺停止。

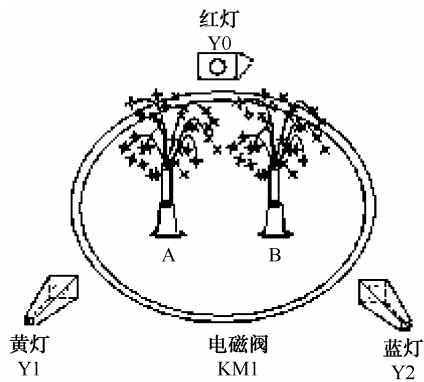


图 7.9 喷水池工艺图

灯、喷水龙头和电磁阀的动作安排见下面的状态表，状态表中在该设备有输出的节拍下画横线，无输出为空白。

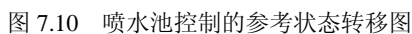
设 备	1	2	3	4	5	6	7	8	9
红 灯		—					—		
黄 灯				—	—			—	
蓝 灯		—	—	—	—				
喷水龙头 A					—	—		—	—
喷水龙头 B		—	—			—	—	—	
电磁阀		—	—	—	—	—	—	—	

2. 实训要求

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 S01	X0	红灯	Y0
停止按钮 S02	X1	黄灯	Y1
		蓝灯	Y2
		喷水龙头 A	Y3
		喷水龙头 B	Y4
		电磁阀	Y5

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 根据控制要求画出状态转移图、梯形图，写出语句表。
- (4) 调试控制程序。
- (5) 喷水池控制的参考状态转移图如图 7.10 所示。



任务 6 输送带控制

1. 控制要求

按 S01 启动按钮，第二条输送带的电磁阀 KM3 吸合，延时 3s，第一条输送带的电磁阀 KM2 吸合，延时 3s，卸料斗的电磁阀 KM1 吸合。按 S02 停止按钮，卸料斗的电磁阀 KM1 断开，延时 6s，第一条输送带的电磁阀 KM2 断开，延时 6s，第二条输送带的电磁阀 KM3 断开。

（1）按 S02 停止时，若卸料斗的电磁阀 KM1 未开始工作，则两条输送带立即停止。

（2）考虑到因故障停止的情况，在正常运料过程中，当第二条输送带的电机故障（热继电器 FR2 触点断开），则卸料斗电磁阀、第一条输送带、第二条输送带同时停止。当第一条输送带电机故障（热继电器 FR1 触点断开），卸料斗电磁阀、第一条输送带同时停止，经 6s 延时后，第二条输送带停止。

输送带工艺图如图 7.11 所示。

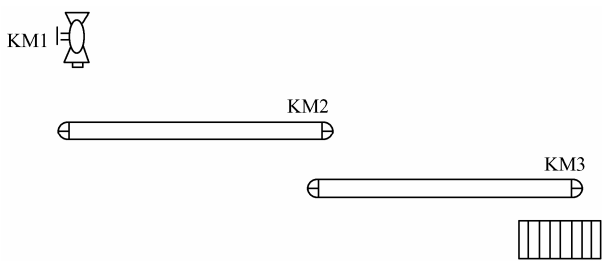


图 7.11 输送带工艺图

2. 实训要求

（1）输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 S01	X0	电磁阀 KM1	Y0
停止按钮 S02	X1	电磁阀 KM2	Y1
第一条输送带 FR1	X2	电磁阀 KM3	Y2
第二条输送带 FR2	X3		

- （2）画出 I/O 接线图。
- （3）根据控制要求画出状态转移图、梯形图，写出语句表。
- （4）调试控制程序。
- （5）输送带控制的参考状态转移图如图 7.12 所示。

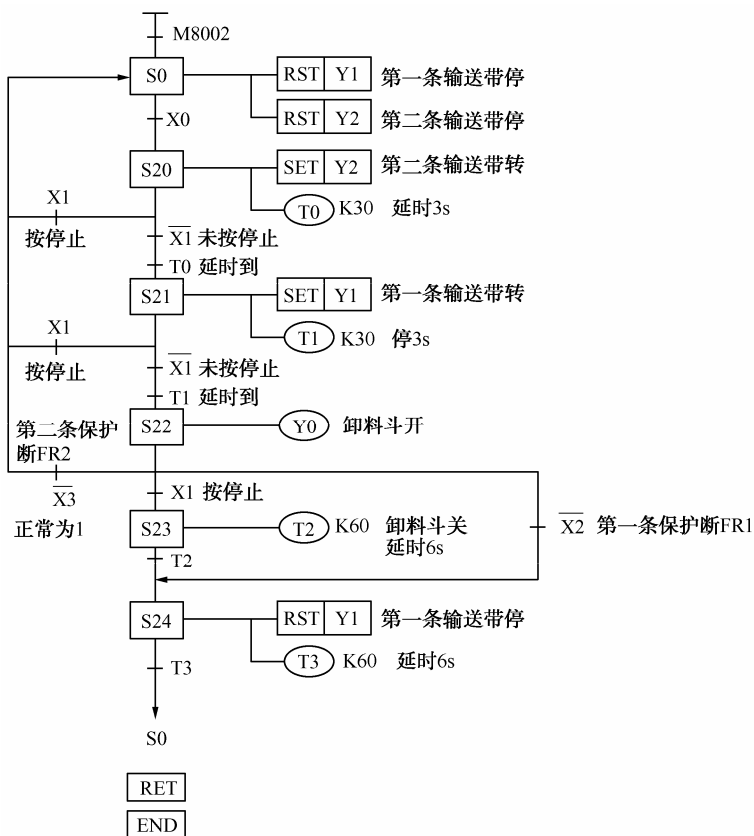


图 7.12 输送带控制的参考状态转移图

任务 7 用PLC控制运料小车的动作

1. 控制要求

启动按钮 S01 用来开启运料小车，停止按钮 S02 用来手动停止运料小车，按 SB9、SB10 工作方式选择按钮（程序每次只读小车到达 SQ2 以前的值），工作方式的选择见下面的表格。按 S01 小车从原点启动，KM1 接触器吸合使小车向前运行直到碰 SQ2 开关。第一方式：小车停，KM2 接触器吸合使甲料斗装料 5s，然后小车继续向前运行直到碰 SQ3 开关停，此时 KM3 接触器吸合使乙料斗装料 3s；第二方式：小车停，KM2 接触器吸合使甲料斗装料 3s，然后小车继续向前运行直到碰 SQ3 开关停，此时 KM3 接触器吸合使乙料斗装料 5s；第三方式：小车停，KM2 接触器吸合使甲料斗装料 7s，小车不再前行；第四方式：小车继续向前运行直到碰 SQ3 开关停，此时 KM3 接触器吸合使乙料斗装料 8s；完成以上任何一种方式后，KM4 接触器吸合小车返回原点，直到碰到 SQ1 开关停止，KM5 接触器吸合使小车卸料 5s 后完成一次循环。在此循环过程中按下 S02 按钮，小车完成一次循环后停止运行，不然小车完成 3 次循环后自动停止。

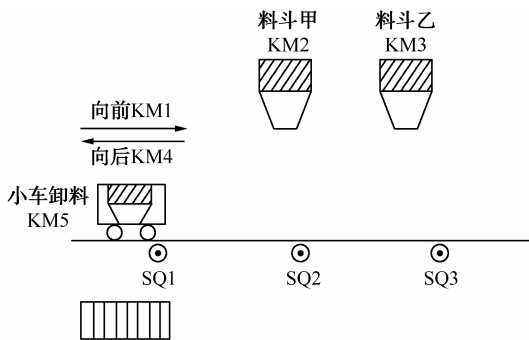


图 7.13 运料小车工艺图

工 作 方 式	SB9	SB10
第一方式	0	0
第二方式	1	0
第三方式	0	1
第四方式	1	1

2. 实训要求

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 S01	X0	向前接触器 KM1	Y0
停止按钮 S02	X1	甲卸料接触器 KM2	Y1
开关 SQ1	X2	乙卸料接触器 KM3	Y2
开关 SQ2	X3	向后接触器 KM4	Y3
开关 SQ3	X4	车卸料接触器 KM5	Y4
选择按钮 SB9	X5		
选择按钮 SB10	X6		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 根据控制要求画出状态转移图、梯形图，写出语句表。
- (4) 调试控制程序。
- (5) 运料小车控制的参考状态转移图如图 7.14 所示。

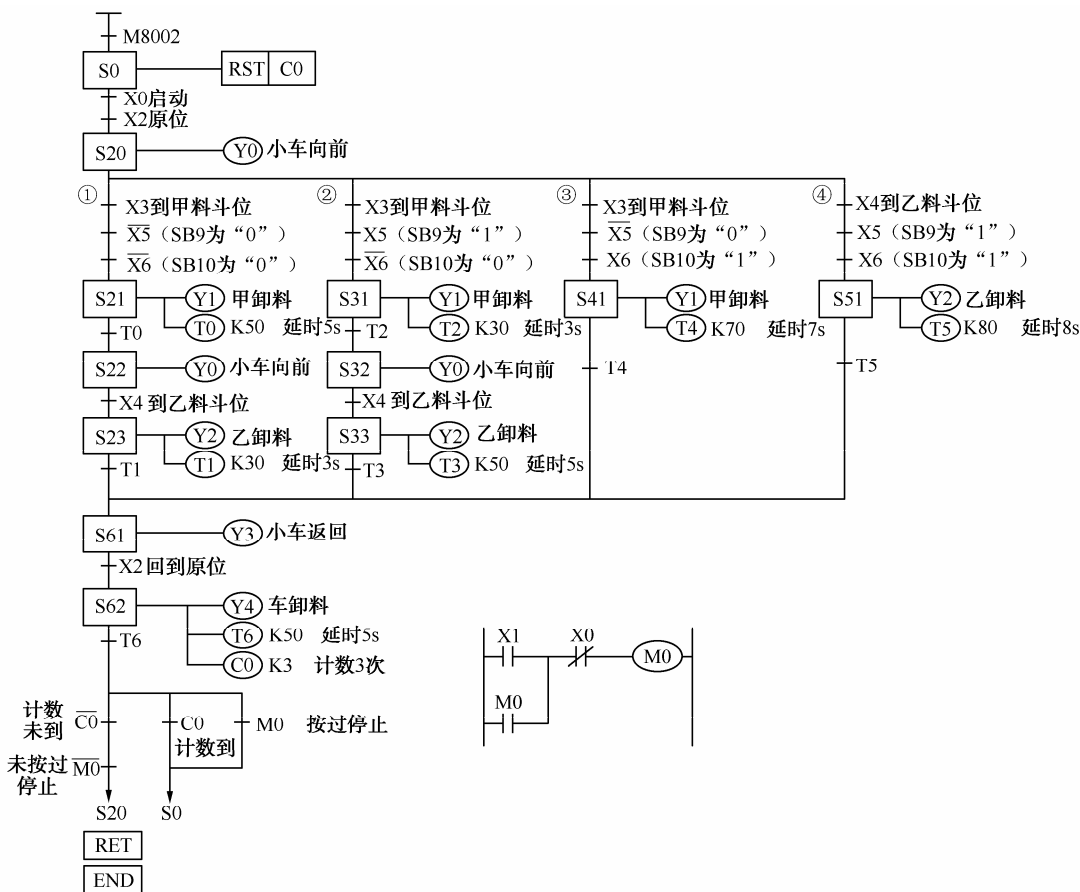


图 7.14 送料小车控制的参考状态转移图

任务 8 用PLC控制机械手进行拣瓶工作

1. 控制要求

机械手拣瓶的工艺图如图 7.15 所示。按 S01 按钮启动传送带 1，有瓶通过时检测传感器 1 发出一个脉冲，传感器 2 (S07) 开关的通断用于确定包装瓶的满和空。满瓶得以通过，当发现是空瓶时，传送带 1 停止转动，延时 3s 钟后，控制机械臂伸出，然后控制机械手松开，最后控制机械臂缩回，完成一个循环。此后传送带 1 再自动启动继续以上过程。直至检测出 3 只空瓶后停止。其中，机械臂伸出、机械手夹紧、机械臂旋转、机械手松开和机械臂缩回的各个过程的时间间隔为 1s。设有一个停止按钮 S02，当按动 S02 后，一定要在当时运行中的瓶子通过或检出后再停止。

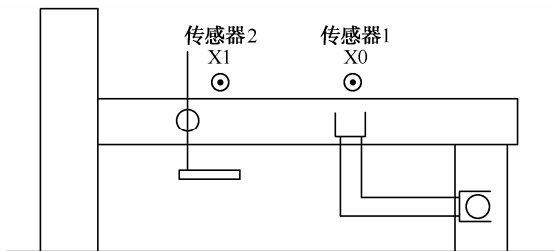
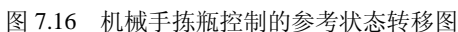


图 7.15 机械手拣瓶工艺图

(1) 输入/输出端口配置。

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 根据控制要求画出状态转移图、梯形图, 写出语句表。
- (4) 调试控制程序。
- (5) 机械手抓瓶控制的参考状态转移图如图 7.16 所示。



任务 9 用PLC控制装箱计数流水线工作

1. 控制要求

按下启动按钮 S01，启动输送带 1 转动，传送带 1 上装有检测器件传感器，每当一个器件经过时，便发出一个计数脉冲，器件分大包装和小包装两种，用选择开关 K01 进行选择。当 K01=0 时选择小包装器件 6 件，当 K01=1 时选择大包装器件 12 件，当计数值到后，延时 3s，停止输送带 1，同时启动输送带 2，输送带保持运行 5s 后停止。中途按停止按钮，本次器件被计数后停止。计数流水线工艺图如图 7.17 所示。

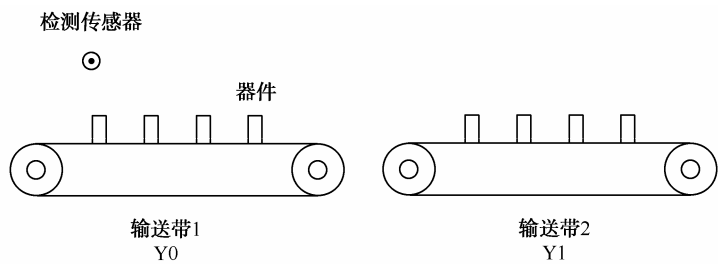


图 7.17 计数流水线工艺图

2. 实训要求

(1) 输入/输出端口配置。

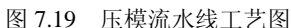
输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
检测传感器	X0	传送带 1 电机 M1	Y0
启动按钮 S01	X1	传送带 2 电机 M2	Y1
停止按钮 S02	X2		
器件选择开关 K01	X3		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 根据控制要求画出状态转移图、梯形图，写出语句表。
- (4) 调试控制程序。
- (5) 装箱计数流水线控制的参考状态转移图如图 7.18 所示。



1. 控制要求

压模流水线工艺图如图 7.19 所示。其工作台两边安装了两条传送带用于输送工件，工件从右面输送过来，到工位 1 停，右面 1 号进料机械手将工件吸起后搬运到工作台上（工位 2），工件就位后冲头进行一次冲压，冲压后左面的 2 号出料机械手将工件吸起后搬运到左面输送带上（工位 3）并送走，各个工位通过传感器进行定位。每完成一次冲压计数一次。



启动→M1转^{到工位1}→M1停^{1s}→1#进料机械手吸料^{1s}→1#进料机械手向左^{到工位2}→1#进料机械手停^{1s}→放开工件^{1s}→1#进料机械手返回原位^{到工位1}→冲头冲压^{1s}→冲头收回^{1s}→2#出料机械手向右^{到工位2}→2#出料机械手停^{1s}→2#出料机械手吸料^{1s}→2#出料机械手返回原位^{到工位3}→2#出料机械手停，放开工件^{1s}→M2转^{3s}→M2停，M1转，开始下一次循环。

2. 实训要求

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
输 入 端 口	端 口 编 号	输 出 端 口	端 口 编 号
启动按钮 SA1	X0	M1	Y0
工位 1	X1	M2	Y0
工位 2	X2	1#进料机械手向左	Y2
工位 3	X3	向右	Y7
		吸盘	Y3
		2#出料机械手向左	Y1
		向右	Y5
		吸盘	Y6
		冲头	Y4

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 根据控制要求画出状态转移图、梯形图，写出语句表。
- (4) 调试控制程序。
- (5) 压模流水线控制的参考状态转移图如图 7.20 所示。

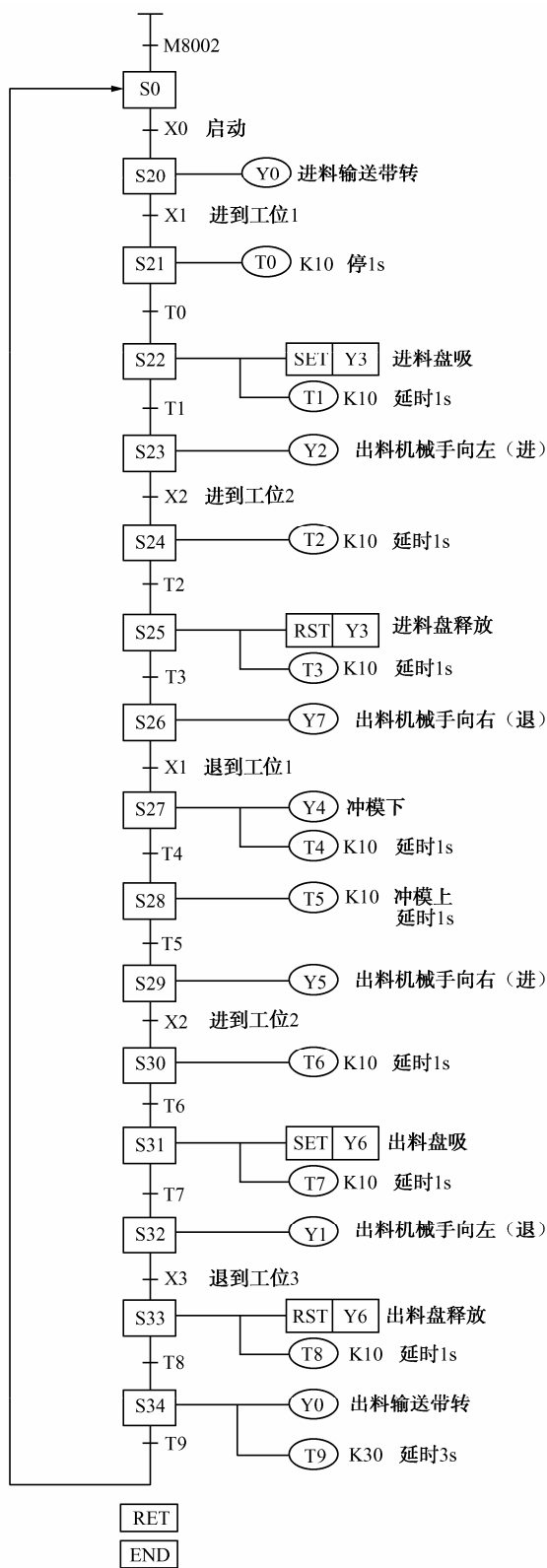


图 7.20 压模流水线控制的参考状态转移图

项目 8 FX_{2N}功能指令基础

任务 1 功能指令应用基础

知识链接 功能指令的概述

1. 数据类软元件及存储器组织

(1) 位元件和字元件。在前面的单元中,已经介绍了输入继电器 X、输出继电器 Y、辅助继电器 M、状态继电器 S 等编程元件。这些软元件在 PLC 内部反映的是“位”的变化,主要用于开关量信息的传递、变换及逻辑处理,称为“位元件”。而在 PLC 内部,由于功能指令的引入,需要处理大量的数据信息,需要设置大量的用于存储数值数据的软元件。例如,各种数据存储器等。另外,一定量的位元件组合在一起也可用于数据的存储,定时器 T、计数器 C 的当前值寄存器也可用于数据的存储。上述这些能处理数值数据的元件统称为“字元件”。

(2) 位组合元件。位组合元件是一种字元件。在 PLC 中,人们常希望能直接使用十进制数据。FX_{2N} 系列 PLC 中使用 BCD 码表示十进制数据,由此产生了位组合元件,它将 4 位元件成组使用。位组合元件在输入继电器、输出继电器及辅助继电器中都有使用。位组合元件表达为 KnX、KnY、KnM、KnS 等形式,式中 Kn 指有 n 组这样的数据。如 KnX0 表示位组合元件是由从 X0 开始的 n 组位元件组合。若 n 为 1,则 K1X0 表示由 X3、X2、X1、X0 四位输入继电器的组合;若 n 为 2,则 K2X0 是指 X0~X7 八位输入继电器的组合;若 n 为 4,则 K4X0 是指 X10~X17、X0~X7 十六位输入继电器的组合。

(3) 编程元件——数据寄存器(D)。数据寄存器(D)是用于存储数值数据的字元件。这类寄存器都是 16 位的数值数据(最高位为符号位,可处理数值范围为-32768~+32767),如将两个相邻数据寄存器组合,可存储 32 位的数值数据(最高位为符号位,可处理数值范围为-2147483648~+2147483647)。数据寄存器有如下几类。

① 通用数据寄存器(D0~D199)共 200 点。通用数据寄存器一旦写入数据,只要不再写入其他数据,其内容就不会变化。但是,在 PLC 从运行到停止或停电时,所有数据将被清零(如果驱动特殊辅助继电器 M8033,则可以保持)。

② 断电保持数据寄存器(D200~D7999 共 7800 点)。只要不改写,无论 PLC 是从运行到停止,还是停电时,断电保持数据寄存器将保持原有的数据。

如果采用并联通信功能,当主站→从站时,D490~D499 被作为通信占用;当从站→主站时,D500~D509 被作为通信占用。

以上的设定范围是出厂时的设定值。数据寄存器的断电保持功能也可通过外围设备设定,实现通用↔断电保持的调整转换。

③ 特殊数据寄存器(D8000~D8255 共 256 点)。特殊数据寄存器供监控机内元件的运行方式用。在电源接通时,利用系统只读存储器写入初始值。例如,在 D8000 中,存有监视定时器的时间设定值。它的初始值由系统只读存储器在通电时写入。要改变时可利用传送指令写入,如图 8.1 所示。

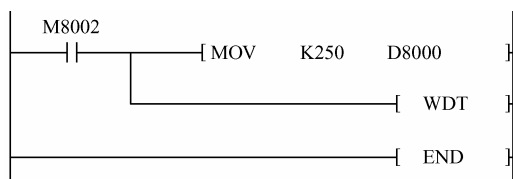


图 8.1 特殊数据寄存器数据写入

必须注意的是：未定义的特殊数据寄存器不要使用。

④ 文件寄存器（D1000~D7999）。文件寄存器以 500 点为单位，可被外围设备存取。文件寄存器实际上被设置为 PLC 的参数区，它与断电保持数据寄存器是重叠的，保证数据不丢失。

（4）编程元件——变址寄存器（V，Z）。变址寄存器 V、Z 和通用数据寄存器一样，是进行数值数据读、写的 16 位数据寄存器。主要用于运算操作数地址的修改，FX_{2N} 的 V 和 Z 各 8 点，分别为 V0~V7 和 Z0~Z7。

进行 32 位数据运算时，将两者结合使用，指定 Z 为低位，组合成为（V，Z），如图 8.2 所示。如果直接向 V 写入较大的数据，易出现运算误差。

根据 V 与 Z 的内容修改元件地址号，称元件的变址。可以用变址寄存器进行变址的元件是 X、Y、M、S、P、T、C、D、K、H、KnX、KnY、KnM 和 KnS。

例如，如果 V1=6，则 K20V1 为 K26（20+6=26）；如果 V3=7，则 K20V3 变为 K27（20+7=27）；如果 V4=12，则 D10V4 变为 D22（10+12=22）。但是，变址寄存器不能修改 V 与 Z 本身或位数指定用的 Kn 参数。例如 K4M0Z2 有效，而 K0Z2M0 无效。变址寄存器的应用如图 8.3 所示，执行该程序时，若 X0 为 ON，则 D15 和 D26 的数据都为 20。

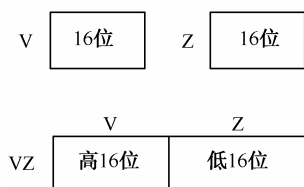


图 8.2 变址寄存器（V，Z）的结合

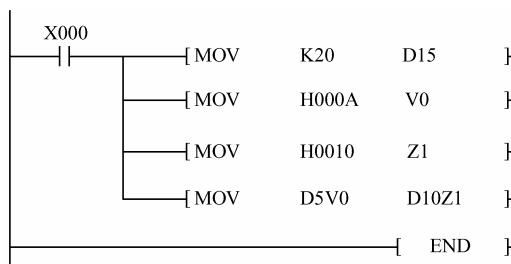


图 8.3 变址寄存器的应用

2. 功能指令的格式

与基本指令不同，功能指令不是表达梯形图符号间的相互关系，而是直接表达本指令的功能。FX_{2N} 系列 PLC 在梯形图中使用功能框表示功能指令，功能指令的格式及要素如图 8.4 所示。图中，X0 的常开触点是功能指令的执行条件，其后的方框称为功能框。功能框中分栏表示指令的名称、相关数据或数据的存储地址。

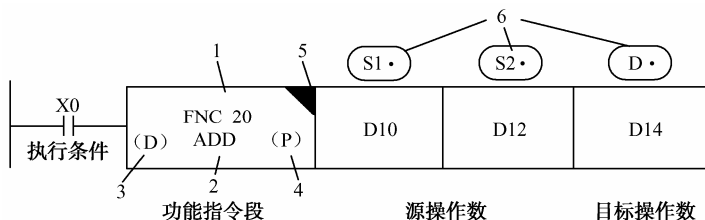


图 8.4 功能指令的格式及要素

(1) 编号。功能指令用编号 FNC00~FNC294 表示,并给出对应的助记符。例如, FNC12 的助记符是 MOV (传送), FNC45 的助记符是 MEAN (平均)。例如,图 8.4 中的 1 所示就是功能指令的编号。

(2) 助记符。指令名称用助记符表示,如图 8.4 中的 2 所示。功能指令的助记符是指令的英文缩写词。如传送指令“MOVE”简写为 MOV,加法指令“ADDITION”简写为 ADD,交替输出指令“ALTERNATEOUTPUT”简化为 ALT。采用这种方式容易了解指令的功能。助记符 DADDP 中的“D”表示数据长度,“P”表示执行形式。

(3) 数据长度。功能指令按处理数据的长度分为 16 位指令和 32 位指令。其中,32 位指令在助记符前加“D”,助记符前无“D”的为 16 位指令。例如,ADD 是 16 位指令,DADD 是 32 位指令。如图 8.4 中的 3 所示。

(4) 执行形式。功能指令有脉冲执行型和连续执行型。在指令助记符后标有“P”的为脉冲执行型,无“P”的为连续执行型,例如,ADDP 是脉冲执行型 16 位指令,而 DADDP 是脉冲执行型 32 位指令。脉冲执行型指令在执行条件满足时仅执行一个扫描周期。这对于数据处理有很重要的意义。例如,一条加法指令,在脉冲执行时,只将加数和被加数做一次加法运算。而连续型加法运算指令在执行条件满足时,每一个扫描周期都要相加一次。如图 8.4 中的 4 所示。

(5) 操作数。操作数是指功能指令设计或产生的数据。有的功能指令没有操作数,大多数功能指令有 1~4 个操作数。操作数分为源操作数、目标操作数及其他操作数。源操作数是指指令执行后不改变其内容的操作数,用[S]表示。目标操作数是指指令执行后将改变其内容的操作数,用[D]表示,*m* 与 *n* 表示其他操作数。其他操作数常用来表示常数或者对源操作数和目标操作数做出补充说明。表示常数时,K 为十进制常数,H 为十六进制常数。某种操作数为多个时,可用数码标注区别,如[S1]、[S2]。在用连续执行方式时,在指令标示栏中用“▼”警示,如图 8.4 中的 5 所示。

操作数从根本上来说,是参加运算数据的地址。地址是依元件的类型分布在存储区中的。由于不同指令对参与操作的元件类型有一定的限制,因此,操作数的取值就有一定的范围。正确的选取操作数类型,对正确使用指令有很重要的意义。如图 8.4 中的 6 所示。

3. 传送比较指令

(1) 传送指令 (MOV)。传送指令 MOV 的功能是将源数据传送到指定的目标。如图 8.5 所示,当 X0 为 ON 时,将源数据十进制数 K10 传送到目标操作元件 K2Y0,即 Y7~Y0 分别输出 00001010。在指令执行时,常数 K10 会自动转换成二进制数。当 X0 为 OFF 时,MOV 指令不执行,数据保持不变。当 X1 为 ON 时,将源数据十六进制数 H98FC 传送到目标操作元件 K8M0,即 M31~M0 分别为 0000, 0000, 0000, 0000, 1001, 1000, 1111, 1100。同样在指令执行时,常数 H98FC 会自动转换成二进制数。当 X1 为 OFF 时,DMOVP 指令不执行,数据保持不变。

使用 MOV 指令时应注意以下两点。

① 源操作数可取所有数据类型,目标操作数可以是 KnY、KnM、KnS、T、C、D、V 以及 Z 类型。

② 16 位运算时占 5 个程序步,32 位运算时则占 9 个程序步。

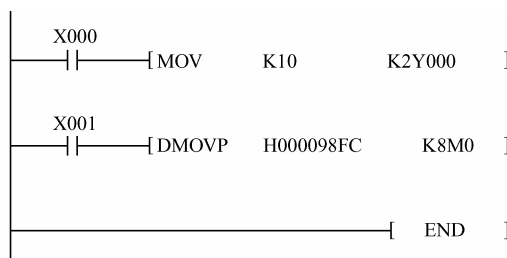


图 8.5 传送指令使用说明

(2) 比较指令 (CMP)。比较指令 **CMP** 是比较两个源操作数[S1]和[S2]的代数值大小，结果送到目标操作数[D]~[D+2]中。**CMP** 指令的说明如图 8.6 所示。

数据比较是进行代数值大小的比较（即带符号比较）。所有的源数据均按二进制处理。如图 8.6 所示，在 X0 断开，即不执行 **CMP** 指令时，M0~M2 保持 X0 断开前的状态。在 X0 接通时，当 C0 的当前值小于十进制数 K50 时，M0 为 ON；当 C0 的当前值等于十进制数 K50 时，M1 为 ON；当 C0 的当前值大于十进制数 K50 时，M2 为 ON。

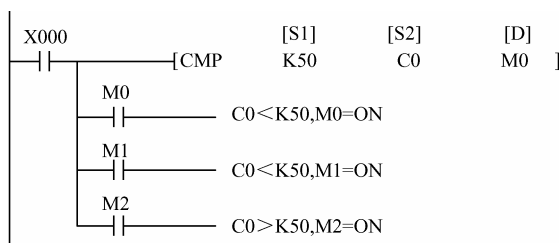


图 8.6 CMP 指令的说明

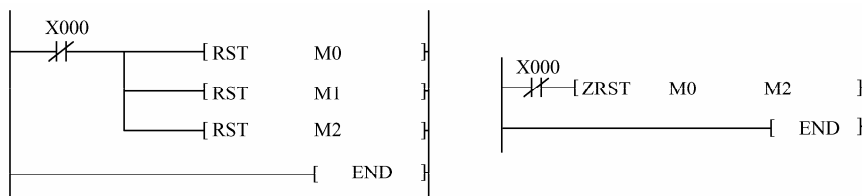
使用 **CMP** 指令时应注意以下几点。

① **CMP** 指令中的[S1]和[S2]可以是所有字元件，[D]为 Y、M、S。

② 当比较指令的操作数不完善（若只指定一个或两个操作数），或者指定的操作数不符合要求（例如，把 X、K、T、C 指定为目标操作数），或者指定的操作数的元件号超出了允许范围等情况时，用比较指令就会出错。

③ 如要清除比较结果，则采用复位指令 **RST**，如图 8.7 所示。在不执行指令或需要清除比较结果时，也要用 **RST** 或 **ZRST** 复位指令。

(3) 区间复位指令 (**ZRST**)。区间复位指令 **ZRST** 可将[D1]、[D2]指定的元件号范围内的同类元件成批复位，目标操作数可取 T、C 和 D（字元件）或 Y、M、S（位元件）。[D1]和[D2]指定的应为同一类元件，[D1]的元件号应小于[D2]的元件号。如果[D1]的元件号大于[D2]的元件号，则只有[D1]指定的元件被复位。



(a) 用RST指令

(b) 用ZRST指令

图 8.7 比较指令清除比较结果

虽然 ZRST 指令是 16 位处理指令，但[D1]、[D2]也可以指定 32 位计数器。如图 8.8 所示，此梯形图的功能为将 M0~M100 共 101 位全部清 0。

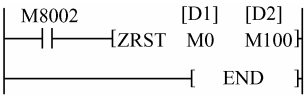


图 8.8 ZRST 指令说明

(4) 传送比较指令的基本用途。前述的 MOV、CMP 指令及 SMOV、CML、BMOV、FMOV、XCH、BCD、BIN 和 ZCP 指令统称为传送比较指令，它们是功能指令中使用最频繁的指令。它们的基本用途有以下几个方面。

① 用来获得程序所需初始数据。这些数据可以从输入端口上连接的外部器件获得，然后通过传送指令读取这些器件上的数据并送到内部单元；初始数据也可以用程序设置，即向内部单元传送立即数；另外，某些运算数据存储在机内的某个地方，等程序开始运行时通过初始化程序传送到工作单元。

② 用来进行机内数据的存取管理。在数据运算过程中，机内的数据传送是不可缺少的。因为数据运算可能要涉及不同的工作单元，数据需要在它们之间传送；同时，运算还可能会产生一些中间数据，这些数据也要传送到适当的地方暂时存放；另外，有时机内的数据需要备份保存，这就要找地方把这些数据存储妥当。总之，对一个涉及数据运算的程序，数据管理是很重要的。

③ 比较指令常用于建立控制点。控制现场常有将某个物理量的量值或变化区间作为控制点的情况。如温度低于某设定值打开电热器，速度高于或低于某值就报警等。作为一个控制“阀门”，比较指令常出现在工业控制程序中。

(5) 区间比较指令（ZCP）。区间比较指令 ZCP 是将一个数据[S]与两个源数据[S1]和[S2]间的数据进行代数比较，比较结果送到目标操作数[D]~[D+2]中，ZCP 指令的说明如图 8.9 所示。

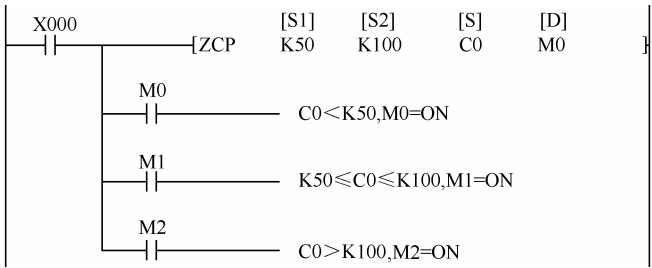


图 8.9 ZCP 指令的说明

与 CMP 指令相同，ZCP 指令的数据比较是进行代数值大小的比较（即带符号比较）。所有的源数据均按二进制数处理。在 X0 断开时，ZCP 指令不执行，M0~M2 保持 X0 断开前的状态。在 X0 接通时，当 C0 的当前值小于十进制数 K50 时，M0 为 ON；当 C0 的当前值小于等于 K100 且大于等于 K50 时，M1 为 ON；当 C0 的当前值大于十进制数 K100 时，M2 为 ON。

使用 ZCP 指令时应注意以下几点。

- ① ZCP 指令中的[S1]和[S2]可以是所有字元件，[D]为 Y、M、S。
- ② 源操作数[S1]的内容比源操作数[S2]的内容要小，如果[S1]比[S2]大，则[S2]被看做与[S1]一样大。
- ③ 如要清除比较结果，要用 RST 或 ZRST 复位指令。

(6) 触点型比较指令。FX₂X 系列比较指令除了前面使用的比较指令 CMP、区间比较指令 ZCP 外，还有触点型比较指令。触点型比较指令相当于一个触点，执行时比较源操作数[S1]和[S2]，满足比较条件则是触点闭合。源操作数[S1]和[S2]，可以取所有的数据类型。以 LD 开始的触点型比较指令接在左侧母线上，以 AND 开始的触点型比较指令应与其他触点或电路串联，以 OR 开始的触点型比较指令应与其他触点或电路并联，各种触点型比较指令如表 8.1 所示。

在图 8.10 (a) 中，当 C10 的当前值等于 20 时，Y0 被驱动，D200 的值大于十进制数 K-30 且 X0 为 ON 时，Y1 被 SET 指令置位。在图 8.10 (b) 中，当 X10 为 ON 且 D100 的值大于十进制数 K58 时，Y0 被 RST 指令复位，X1 为 ON 或十进制数 K10 大于 C0 的当前值时，Y1 被驱动。

表 8.1 各种触点型比较指令

助 记 符	命 令 名 称	助 记 符	命 令 名 称
LD	(S1) = (S2) 时，运算开始的触点接通	AND<>	(S1) ≠ (S2) 时，串联触点接通
LD>	(S1) > (S2) 时，运算开始的触点接通	AND<=	(S1) ≤ (S2) 时，串联触点接通
LD<	(S1) < (S2) 时，运算开始的触点接通	AND>=	(S1) ≥ (S2) 时，串联触点接通
LD<>	(S1) ≠ (S2) 时，运算开始的触点接通	OR=	(S1) = (S2) 时，并联触点接通
LD<=	(S1) ≤ (S2) 时，运算开始的触点接通	OR>	(S1) > (S2) 时，并联触点接通
LD>=	(S1) ≥ (S2) 时，运算开始的触点接通	OR<	(S1) < (S2) 时，并联触点接通
AND=	(S1) = (S2) 时，串联触点接通	OR<>	(S1) ≠ (S2) 时，并联触点接通
AND>	(S1) > (S2) 时，串联触点接通	OR<=	(S1) ≤ (S2) 时，并联触点接通
AND<	(S1) < (S2) 时，串联触点接通	OR>=	(S1) ≥ (S2) 时，并联触点接通

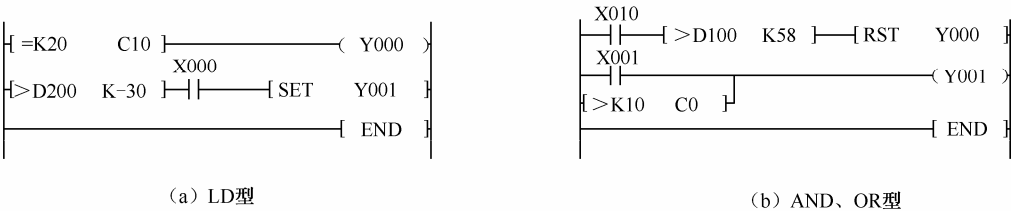


图 8.10 触点型比较指令的说明

任务 2 用PLC功能指令实现电动机的Y—△启动控制

1. 实训目的

- (1) 掌握字元件、位组合元件的使用。
- (2) 学会功能指令的编程方法。
- (3) 掌握 MOV 等功能指令的使用。

2. 控制要求

按电动机 Y—△启动控制要求，通电时电动机绕组接成 Y 形启动；当转速上升到一定程度，电动机绕组接成△形运行。另外，启动过程中的每个状态间应具有一定的时间间隔。

设置启动按钮为 X0，停止按钮为 X1；电路主接触器 KM1 接于输出口 Y0，电动机 Y 形接法接触器 KM2 接于输出口 Y1，电动机△形接法接触器 KM3 接于输出口 Y2。

按照电动机 Y—△启动控制要求，通电时 Y0、Y1 应为 ON（传送常数为 1+2=3），电动机 Y 形启动；当转速上升到一定程度，断开 Y0 和 Y1，接通 Y2（传送常数为 4）。然后接通 Y0、Y2（传送常数为 1+4=5），电动机△形运行。停止时，各输出均为 OFF（传送常数为 0）。另外，启动过程中的每个状态间应有时间间隔，时间间隔由电动机启动特性决定，这里假设启动时间为 8s，Y—△转换时间为 2s。

3. 实训要求

- (1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮	X0	主电源交流接触器	Y0
停止按钮	X1	Y 形启动交流接触器	Y1
		△形运行交流接触器	Y2
			Y3

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺要求画出梯形图，写出语句表。
- (4) 输入程序并进行调试。
- (5) 梯形图参考程序如图 8.11 所示。

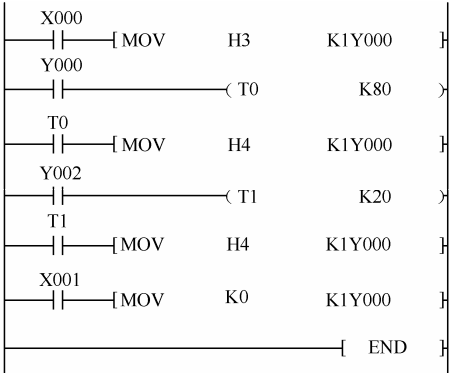


图 8.11 用 PLC 功能指令实现电动机的 Y—△启动控制的参考梯形图

任务 3 用PLC实现闪光信号灯的闪光频率控制

1. 实训目的

- (1) 熟悉字元件、位组合元件的使用。
- (2) 学会功能指令的编程方法。
- (3) 熟悉 MOV 等功能指令的使用。

2. 控制要求

利用 PLC 应用指令构成一个闪光信号灯，改变输入口所接置数开关可改变闪光频率。

3. 实训要求

- (1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
置数开关	X0	信号灯	Y0
置数开关	X1		
置数开关	X2		
置数开关	X3		
启停开关	X10		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺流程画出梯形图，写出语句表。
- (4) 按基本指令编制程序，进行程序输入并完成系统调试。
- (5) 参考梯形图如图 8.12 所示。

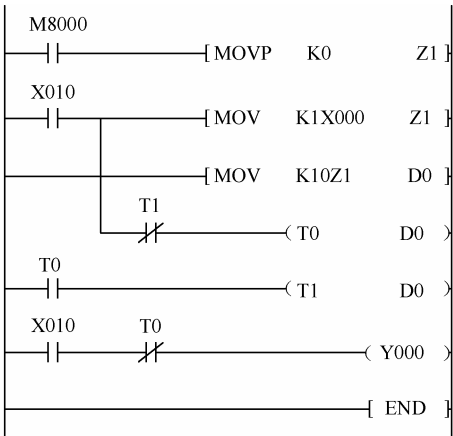


图 8.12 用 PLC 实现闪光信号灯的闪光频率控制的参考梯形图

如图 8.12 所示，第一行实现变址寄存器清零，通电时完成。第二行实现从输入口读入设定开关数据，变址综合后送到定时器 T0 的设定值寄存器 D0，并和第三行配合产生 D0 时间

间隔的脉冲。

任务 4 用PLC控制密码锁

1. 实训目的

- (1) 熟悉字元件、位组合元件的使用。
- (2) 学会功能指令的编程方法。
- (3) 掌握 CMP 等功能指令的使用。

2. 控制要求

利用 PLC 实现密码锁控制。密码锁有 3 个置数开关（12 个按钮），分别代表 3 个十进制数，如所拨数据与密码锁设定值相符，则 3s 后开启锁，20s 后重新上锁。

密码锁的密码由程序设定，假定为 K283，那么如要解锁则从 K3X0 上送入的数据应和它相等，这可以用比较指令实现判断，密码锁的开启由 Y0 的输出控制。

3. 原理分析

用比较指令实现密码锁的控制系统设计。置数开关有 12 条输出线，分别接入 X0~X3，X4~X7，X10~X13，其中，X0~X3 代表第一个十进制数；X4~X7 代表第二个十进制数；X10~X13 代表第三个十进制数，密码锁的控制信号从 Y0 输出。

4. 实训要求

- (1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
密码个位	X0~X3	密码锁控制信号	Y0
密码十位	X4~X7		
密码百位	X10~X13		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺流程画出梯形图，写出语句表。
- (4) 按基本指令编制程序，进行程序输入并完成系统调试。
- (5) 参考梯形图如图 8.13 所示。

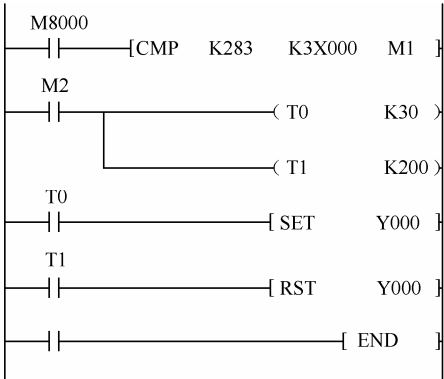


图 8.13 用 PLC 实现密码锁控制的参考梯形图

任务 5 简易定时、报时器

1. 实训目的

- (1) 熟悉功能指令的编程方法。
- (2) 掌握 CMP、ZCP 等功能指令的使用。

2. 控制要求

利用计数器和比较指令，设计 24h 可设定定时时间的住宅控制器的控制程序（每刻钟为一个设定单位，即 24h 共有 96 个时间单位），要求实现如下控制：

- (1) 早上 6：30，闹钟每秒响一次，10s 后自动停止。
- (2) 9：00~17：00，启动住宅报警系统。
- (3) 晚上 6 点打开住宅照明。
- (4) 晚上 10：00 关闭住宅照明。

X0 为启停开关；X1 为 15min 快速调整与试验开关；X2 为格数设定的快速调整与试验开关。使用时，早 0：00 时启动定时器。C0 为 15min 计数器，当按下 X0 时，C0 当前值每过 1s 加 1，当 C0 当前值等于设定值 K900 时，即为 15min。C1 为 96 格计数器，它的当前值每过 15min 加 1，当 C1 当前值等于设定值 K96 时，即为 24h。另外，十进制常数 K26、K36、K68、K72、K88 分别为 6：30、9：00、17：00、18：00 和 22：00 的时间点。梯形图中 X1 为 15min 快速调整与试验开关，它每过 10ms 加 1（M8011）；X2 为格数设定的快速调整与试验开关，它每过 100ms 加 1（M8012）。

3. 实训要求

- (1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启停开关	X0	闹钟	Y0
15min 试验	X1	住宅报警监控	Y1
格数试验	X2	住宅照明	Y2

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺流程画出梯形图，写出语句表。
- (4) 按基本指令编制程序，进行程序输入并完成系统调试。
- (5) 参考梯形图如图 8.14 所示。

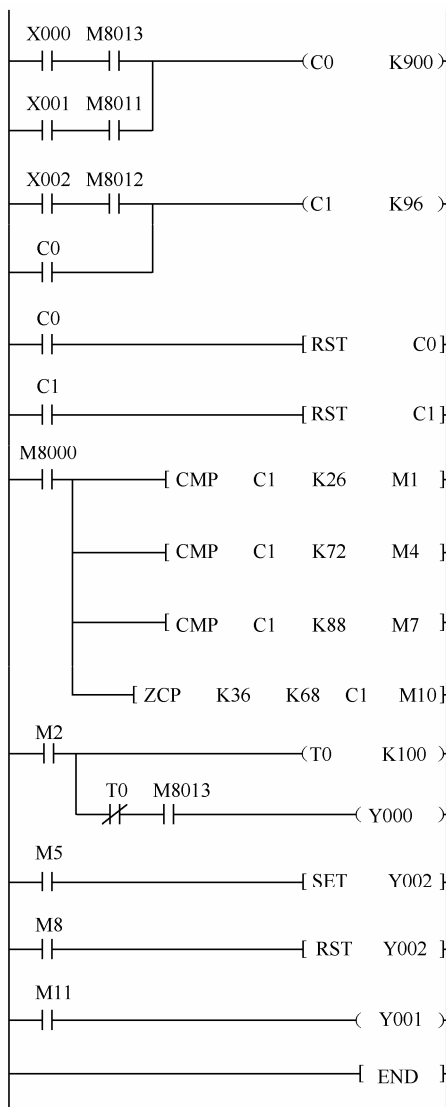


图 8.14 简易定时、报时器参考梯形图

任务 6 外置数计数器

1. 实训目的

- (1) 熟悉功能指令的编程方法。
- (2) 掌握 BIN 等功能指令的使用。

2. 控制要求

本任务就是设计这样一种外置数计数器。二位拨码开关接于 X0~X7，通过它可以自由设定数值在 99 以下的计数值；X10 为计数脉冲；X11 为启停开关，Y0 为计数器 C0 的控制对象，当计数器 C0 的当前值与由拨码开关设定的计数器设定值相同时，Y0 被驱动。C0 记数值是否与外部拨码开关设定值一致，借助比较指令判断。需要注意的是，拨码开关送入的值为 BCD 码，要用二进制转换指令进行数制的变换，因为比较操作只对二进制数有效。

3. 实训要求

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
拨码开关	X0~X7	控制对象	Y0
计数脉冲	X10		
启停开关	X11		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺流程画出梯形图，写出语句表。
- (4) 按基本指令编制程序，进行程序输入并完成系统调试。
- (5) 参考梯形图如图 8.15 所示。

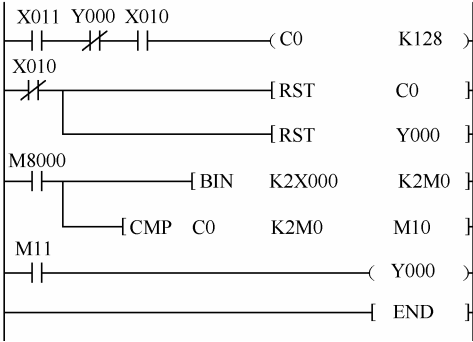


图 8.15 外置计数器的参考梯形图

项目 9 数据处理指令应用与实训

任务 1 数据处理指令

知识链接 数据处理指令简介

可编程控制器中有两种四则运算，即整数四则运算和实数四则运算。前者指令较简单，参加运算的数据只能是整数。非整数参加运算需先取整，除法运算的结果为商和余数。当整数进行较高准确度要求的四则计算时，需将小数点前后的数值分别计算再将数据组合起来，除法运算时要对余数做多次运算才能形成最后的商，这就使程序的设计非常烦琐。而实数运算是浮点运算，是一种高准确度的运算。

1. 二进制加法指令（ADD）

加法指令 ADD 是将指令的源元件中的二进制数相加，结果送到指定的目标元件中去，如图 9.1 所示。当执行条件 X0 为 ON 时， $[D10]+[D12] \rightarrow [D14]$ 。

使用 ADD 指令时应注意以下几点。

（1）加法指令 ADD 有 3 个常用标志。M8020 为零标志，M8021 为借位标志，M8022 为进位标志。

如果运算结果为 0，则零标志 M8020 置“1”；如果运算结果超过 32767（16 位）或 2147483647（32 位），则进位标志 M8022 置“1”；如果运算结果小于 -32767（16 位）或 -2147483647（32 位），则借位标志 M8021 置“1”。

（2）在 32 位运算中，被指定的字元件是低 16 位元件，而下一个字元件是高 16 位元件。源元件和目标元件可以用相同的元件号。

（3）若源元件和目标元件号相同且采用连续执行的 ADD、(D) ADD 指令时，加法的结果在每个扫描周期都会改变，此时 ADD 指令一般采用脉冲执行型。

（4）四则运算都是代数运算。

2. 二进制减法指令（SUB）

减法指令 SUB 是将指定的源元件中的二进制数相减，结果送到指定的目标元件中去。SUB 减法指令的使用方法如图 9.1 所示。当执行条件 X1 由 OFF→ON 时， $[D0]-K119 \rightarrow [D0]$ 。

减法指令的各种标志的动作、32 位运算中软元件的指定方法、连续执行型和脉冲执行型的差异等均与加法指令相同。

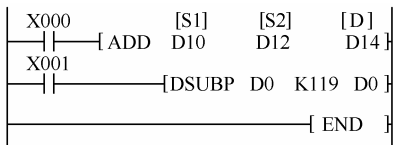


图 9.1 二进制加法、减法指令说明

3. 二进制乘法指令（MUL）

乘法指令 MUL 是将指定的源元件中的二进制数相乘，结果送到指定的目标元件中去。MUL 乘法指令分 16 位和 32 位两种情况。

如图 9.2 所示为 16 位运算，执行条件 X0 由 OFF→ON 时，[D0]×[D2]→[D5, D4]。源操作数是 16 位，目标操作数是 32 位。当[D0]=8, [D2]=9 时，[D5, D4]=72。最高位为符号，0 为正，1 为负。

当为 32 位运算，执行条件 X0 由 OFF→ON 时，[D1, D0]×[D3, D2] →[D7, D6, D5, D4]。源操作数是 32 位，目标操作数是 64 位。当[D1, D0]=238, [D3, D2]=189 时，[D7, D6, D5, D4]=44 982。最高位为符号，0 为正，1 为负。

如将位组合元件用于目标操作数时，限于 n 的取值，只能得到低位 32 位的结果，不能得到高位 32 位的结果。这时应将数据移入字元件再进行计算。用字元件时，不能监视 64 位数据，只能监视高 32 位和低 32 位数据。V 和 Z 不能用于[D]中。

4. 二进制除法指令（DIV）

除法指令 DIV 是将指定的源元件中的二进制数相除，[S1]为被除数，[S2]为除数，商送到指定的目标元件[D]中去，余数送到[D]的下一个目标元件[D+1]中。DIV 除法指令使用方法如图 9.2 所示。它也分 16 位和 32 位两种情况。

当为 16 位运算时，执行条件 X1 由 OFF→ON 时，[D6]除以[D8]，商在[D2]，余数在[D3]。当[D6]=19, [D8]=3 时，[D2]=6, [D3]=1。V 和 Z 不能用于[D]中。

当为 32 位运算。执行条件 X1 由 OFF→ON 时，[D7, D6]÷[D9, D8]。商在[D3, D2]，余数在[D5, D4]中。V 和 Z 不能用于[D]中。

除数为 0 时，有运算错误，则不执行指令。若[D]为指定位元件，则得不到余数。

商和余数的最高位是符号位。被除数或除数中有一个为负时，商为负数；被除数为负数时，余数为负数。

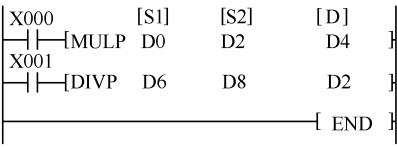


图 9.2 二进制 16 位乘法、除法指令说明

5. 加 1 指令（INC）

加 1 指令的说明如图 9.3 所示。当 X0 由 OFF→ON 时，由[D]指定的元件 D10 中的二进制数自动加 1。若用连续指令时，则每个扫描周期加 1。

16 位运算时，+32767 再加 1 就变为-32768，但标志不置位。同样，在 32 位运算时，+2147483647 再加 1 就为-2147483648，标志也不置位。

6. 减 1 指令（DEC）

减 1 指令的说明如图 9.4 所示。当 X1 由 OFF→ON 变化时，由[D]指定的元件 D10 中的二进制数自动减 1。若用连续指令时，则每个扫描周期减 1。

在 16 位运算时，-32767 再减 1 就变为+32768，但标志不置位。同样，在 32 位运算时，-2147483647 再减 1 就为+2147483648，标志也不置位。

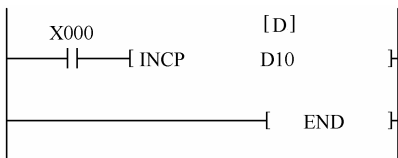


图 9.3 INC 指令说明

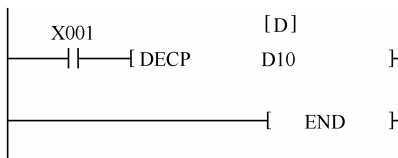


图 9.4 DEC 指令说明

7. 逻辑字“与”指令（WAND）

逻辑字“与”指令的说明如图 9.5 所示。当 X0 为 ON 时，[S1]指定的 D10 和[S2]指定的 D12 的数据按位对应，进行逻辑字“与”运算，结果存于[D]指定的元件 D14 中。逻辑字“与”指令除了有 WAND 形式外，还有 DWAND、WANDP 和 DWANDP 三种形式。

8. 逻辑字“或”指令（WOR）

逻辑字“或”指令的说明如图 9.6 所示。当 X1 为 ON 时，[S1]指定的 D10 和[S2]指定的 D12 的数据按位对应，进行逻辑字“或”运算，结果存于[D]指定的元件 D14 中。逻辑字“或”指令除了有 WOR 形式外，还有 DWOR、WORP 和 DWORP 三种形式。

9. 逻辑字“异或”指令（WXOR）

逻辑字“异或”指令的说明如图 9.7 所示。当 X2 为 ON 时，[S1]指定的 D10 和[S2]指定的 D12 的数据按位对应，进行逻辑字“异或”运算，结果存于[D]指定的元件 D14 中。逻辑字“异或”指令除了有 WXOR 形式外，还有 DWXOR、WXORP 和 DWXORP 三种形式。

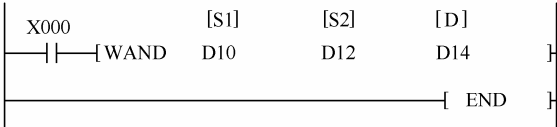


图 9.5 逻辑字“与”WAND 指令说明

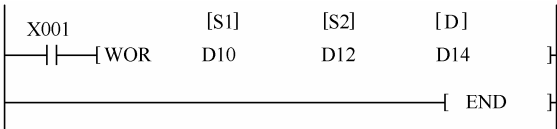


图 9.6 逻辑字“或”WOR 指令说明

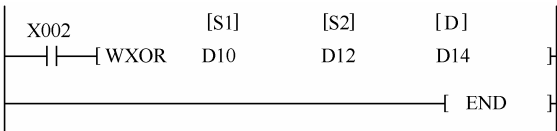


图 9.7 逻辑字“异或”WXOR 指令说明

10. 求补指令（NEG）

求补指令 NEG 只有目标操作数，如图 9.8 所示。它将[D]指定的数的每一位取反后再加 1，结果存于同一元件，求补指令实际上是绝对值不变的变号操作。

FX 系列 PLC 的负数用 2 的补码形式来表示，最高位为符号位，正数时该位为 0，负数时该位为 1，将负数求补后得到它的绝对值。

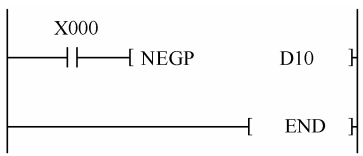


图 9.8 求补指令 NEG 说明

11. 循环右移指令（ROR）

循环移位是指数据在本字节或双字节的移位，是一种环形移动。

循环右移指令 ROR 能使 16 位数据、32 位数据向右循环移位，如图 9.9 所示。当 X4 由 OFF→ON 时，[D]内各位数据向右移 n 位，最后一次从最低位移出的状态存于进位标志 M8022 中。若用连续指令执行时，循环移位操作每个周期执行一次。若[D]为指定位软元件，则只有 K4（16 位指令）或 K8（32 位指令）有效。

12. 循环左移指令（ROL）

循环左移指令 ROL 能使 16 位数据、32 位数据向左循环移位，如图 9.10 所示。当 X1 由 OFF→ON 时，[D]内各位数据向左移 n 位，最后一次从最高位移出的状态存于进位标志 M8022 中。若用连续指令执行时，循环移位操作每个周期执行一次。若[D]为指定位软元件，则只有 K4（16 位指令）或 K8（32 位指令）有效。

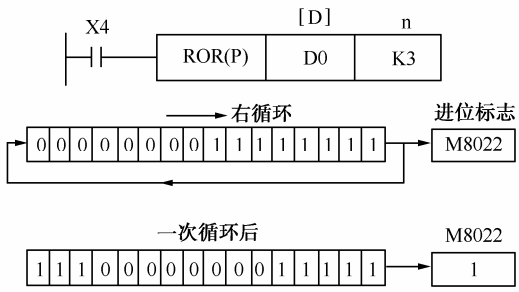


图 9.9 循环右移位指令

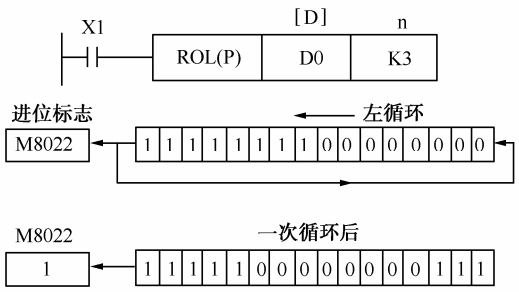


图 9.10 循环左移位指令

13. 带进位的右循环移位指令RCR

带进位的右循环移位指令 RCR 的操作数和 n 的取值范围与循环移位指令相同。如图 9.11 所示，执行 RCR 时，各位的数据与进位位 M8022 一起（16 位指令时一共 17 位）向右循环移动 n 位。在循环中移出的位送入进位标志，后者又被送回到目标操作数的另一端。

14. 带进位的左循环移位指令RCL

带进位的左循环移位指令 RCL 的操作数和 n 的取值范围与循环移位指令相同。如图 9.12 所示，在执行 RCL 时，各位的数据与进位位 M8022 一起（16 位指令时一共 17 位）向左循环移动 n 位。在循环中移出的位送入进位标志，后者又被送回到目标操作数的另一端。

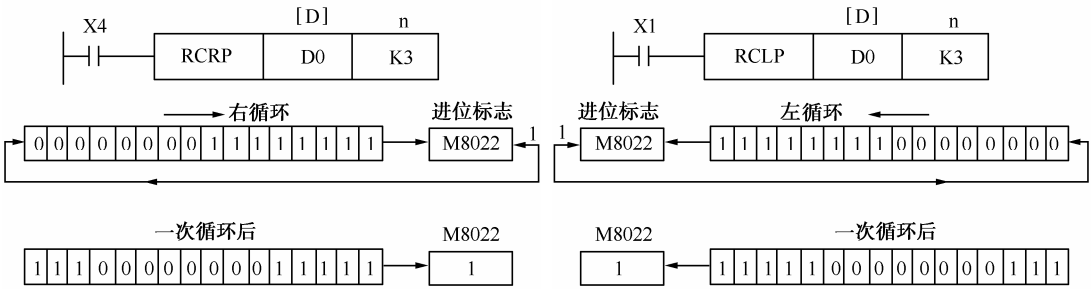


图 9.11 带进位的右循环移位 RCR 指令

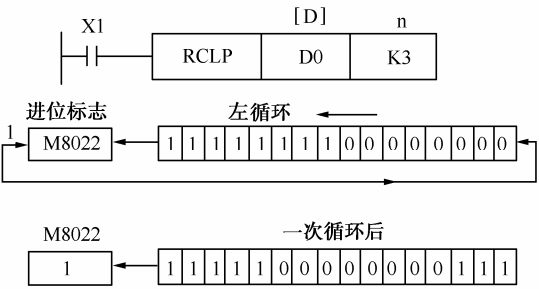


图 9.12 带进位的左循环移位 RCL 指令

15. 位右移指令 (SFTR)

位右移指令 SFTR 是把 $n1$ 位[D]所指定的位元件和 $n2$ 位[S]所指定的位元件的位进行右移的指令，要求 $n2 \leq n1 \leq 1024$ ，如图 9.13 所示。每当 X10 由 OFF→ON 时，[D]内 (M0～M15) 各位数据连同[S]内 (X0～X3) 4 位数据向右移 4 位，即 (M3～M0)→溢出，(M7～M4)→(M3～M0)，(M11～M8)→(M7～M4)，(M15～M12)→(M11～M8)，(X3～X0)→(M15～M12)。

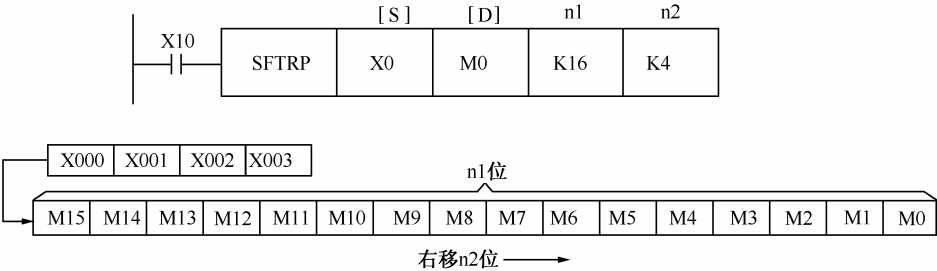


图 9.13 位右移指令说明

16. 位左移指令 (SFTL)

位左移指令 SFTL 是把 $n1$ 位[D]所指定的位元件和 $n2$ 位[S]所指定的位元件的位进行左移的指令，要求 $n2 \leq n1 \leq 1024$ ，如图 9.14 所示。每当 X10 由 OFF→ON 时，[D]内 (M0～M15) 各位数据连同[S]内 (X0～X3) 4 位数据向左移 4 位。



图 9.14 位左移指令说明

说明：位右或左移指令用脉冲执行型指令时，指令执行取决于 X10 由 OFF→ON 的变化；而用连续指令执行时，移位操作在每个扫描周期执行一次。

17. 字右移指令 (WSFR)

字右移指令 WSFR 把[D]所指定的 $n1$ 位字的字元件与[S]所指定的 $n2$ 位字的字元件进行右移的指令，要求 $n2 \leq n1 \leq 1024$ ，如图 9.15 所示。每当 X0 由 OFF→ON 时，[D]内 (D10～D25) 16 位字数据连同[S]内 (D0～D3) 4 位字数据向右移 4 位，即 (D13～D10)→溢出，(D17～

D14) → (D13~D10), (D21~D18) → (D17~D14), (D25~D22) → (D21~D18), (D0~D3) → (D25~D22)。

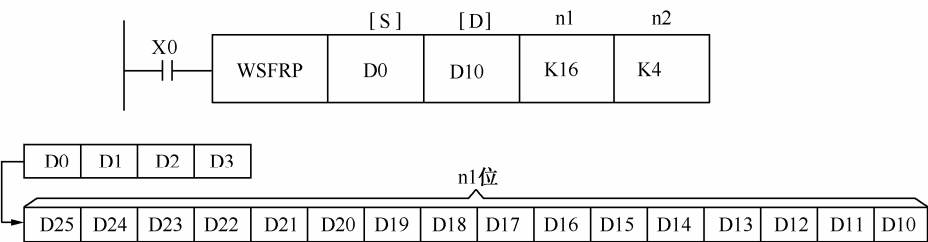


图 9.15 字右移指令说明

18. 字左移指令 (WSFL)

字左移指令 WSFL 把[D]所指定的 n1 位字的字元件与[S]所指定的 n2 位字的字元件进行左移的指令，要求 $n2 \leq n1 \leq 1024$ ，如图 9.16 所示。每当 X0 由 OFF→ON 时，[D]内 (D10~D25) 16 位字数据连同[S]内 (D0~D3) 4 位字数据向左移 4 位。

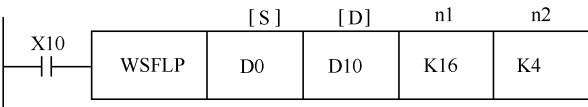


图 9.16 字左移指令说明

说明：用脉冲执行型指令时，指令在 X0 由 OFF→ON 变化时执行；而用连续指令执行时，移位操作在每个扫描周期执行一次。

19. 移位寄存器写入指令 (SFWR)

移位寄存器又称为 FIFO（先进先出）堆栈，堆栈的长度范围为 2~512 字。

移位寄存器写入指令 SFWR 是先进先出控制的数据写入指令，如图 9.17 所示。当 X0 由 OFF→ON 时，将[S]所指定的 D0 的数据存储在 D2 内，[D]所指定的指针 D1 的内容变为 1。若改变了 D0 的数据，当 X0 再由 OFF→ON 时，又将 D0 的数据存储在 D3 中，D1 的内容变为 2。依次类推，D1 内的数为数据存储点数。如超过 n-1，则变成无法处理，这时进位标志 M8022 动作。

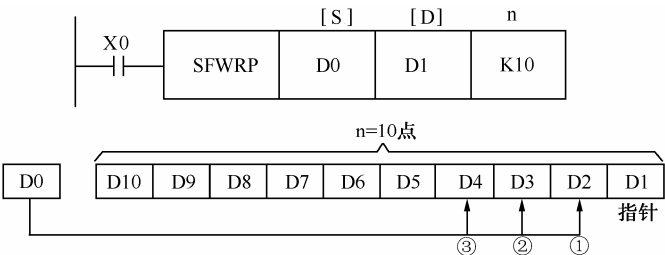


图 9.17 FIFO 写入指令说明

20. 移位寄存器读出指令 (SFRD)

移位寄存器读出指令 SFRD 是先进先出控制的数据读出指令，如图 9.18 所示。当 X0 由 OFF→ON 时，将 D2 的数据传送到 D20 内，与此同时，指针 D1 的内容减 1。D3~D10 的数

据向右移。当 X0 再由 OFF→ON 时，即原 D3 中的内容传送到 D20，D1 的内容再减 1。依次类推，当 D1 的内容为 0，则上述操作不再执行，零标志 M8022 动作。

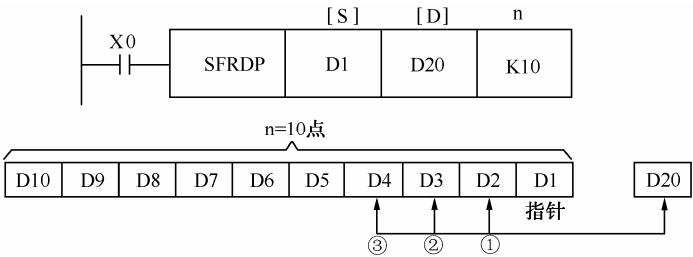


图 9.18 FIFO 读出指令说明

21. 译码指令（DECO）

译码指令相当于数字电路中译码电路的功能。译码指令 DECO 有两种用法，如图 9.19 所示。

（1）当[D]为元件时，如图 9.19（a）所示。若以[S]为首地址的 n 位连续的位元件所表示的十进制码值为 N，则 DECO 指令把以[D]为首地址目标元件的第 N 位（不含目标元件位本身）置“1”，其他位置“0”。

图 9.19（a）中的源数据与译码值的对应关系如表 9.1 所示。源数据 $N=1+2=3$ ，则从 M10 开始的第 3 位 M13 为“1”。当源数据 $N=0$ 时，则第 0 位（即 M10）为“1”。

若 $n=0$ ，程序不执行； n 是 1~8 之外的数据时，出现运算错误。若 $n=8$ 时，[D]位数为 $2^8=256$ 。驱动输入 X4 为 OFF 时，不执行指令，上一次解码输出置“1”的位保持不变。

（2）当[D]是字元件时，若以[S]所指定字元件的低 n 位表示的十进制码为 N，则 DECO 指令把以[D]所指定目标字元件的第 N 位（不含最低位）置“1”，其他位置“0”。如图 9.19（b）所示，源数据 $N=1+2=3$ 时，D1 的第 3 位为“1”。当源数据为 0 时，D1 的第 0 位为“1”。若 $n=0$ ，程序不执行；当 n 是 0~4 之外的数据时，出现运算错误。若 $n=4$ ，[D]位数为 $2^4=16$ 。驱动输入 X4 为 OFF 时，不执行指令，上一次解码输出置“1”的位保持不变。

若指令是连续执行型，则在每个扫描周期都会执行一次。

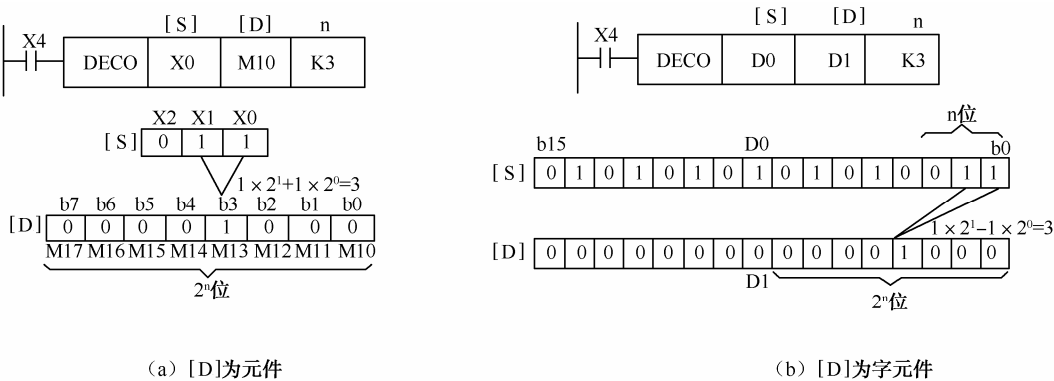


图 9.19 译码指令说明

表 9.1 源数据与译码值的对应关系

[S]			[D]							
X2	X1	X0	M17	M16	M15	M14	M13	M12	M11	M10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

22. 编码指令（ENCO）

编码指令相当于数字电路中编码电路的功能。与译码指令 DECO 一样，编码指令 ENCO 也有两种用法，如图 9.20 所示。

（1）当[S]是位元件时，在以[S]为首地址，长度为 2^n 的位元件，最高置“1”的位被存放到目标[D]所指定的元件中去，[D]中数值的范围由 n 确定。如图 9.20（a）所示，源元件的长度为 $2^n=8$ 位（M10～M17），其最高置“1”的位是 M13，即第 3 位。将 3 进行二进制转换，则 D10 的低 3 位为 011。

当源数据的第一个（即第 0 位）位元件为“1”，则[D]中存放 0。当源数据中无“1”时，出现运算错误。

若 $n=0$ ，程序不执行；n 是 0～8 之外的数据时，出现运算错误。若 $n=8$ ，[S]位数为 $2^8=256$ 。驱动输入 X5 为 OFF 时，不执行指令，上次编码输出保持不变。

（2）当[S]为字元件时，可做同样的分析，如图 9.20（b）所示。

说明：[S]内的多个位为“1”时，低位可忽略不计。若指令是连续执行型，则在每个扫描周期都会执行一次。

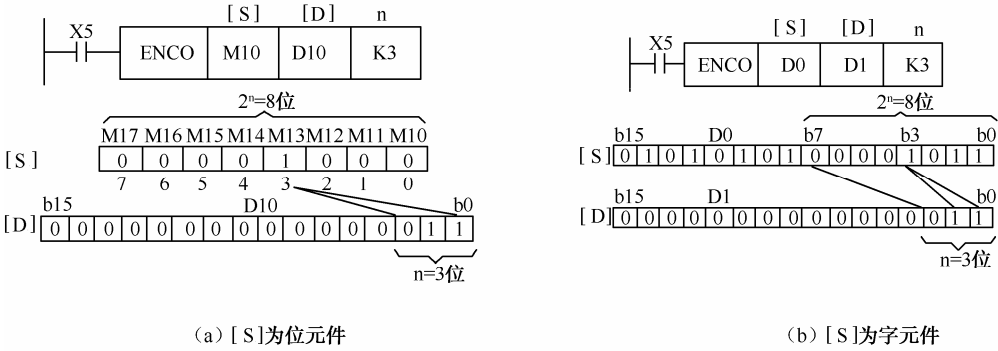


图 9.20 编码指令说明

任务 2 彩灯控制电路

1. 实训目的

- (1) 学会功能指令的编程方法。
- (2) 掌握 INCP、DECP 等功能指令的使用。

2. 控制要求

利用 PLC 控制灯光闪烁。彩灯共 12 盏，分别由 Y0~Y13 输出，X0 为彩灯控制的启停开关。12 盏彩灯正序亮至全亮，反序熄至全熄，然后再循环。本功能可用加 1、减 1 指令及变址寄存器实现，彩灯状态变化的时间单元为 1s，用 M8013 实现。

3. 实训要求

- (1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮	X0	彩灯输出	Y0~Y13

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺要求画出梯形图，写出语句表。
- (4) 输入程序并进行调试。
- (5) 梯形图参考程序如图 9.21 所示。

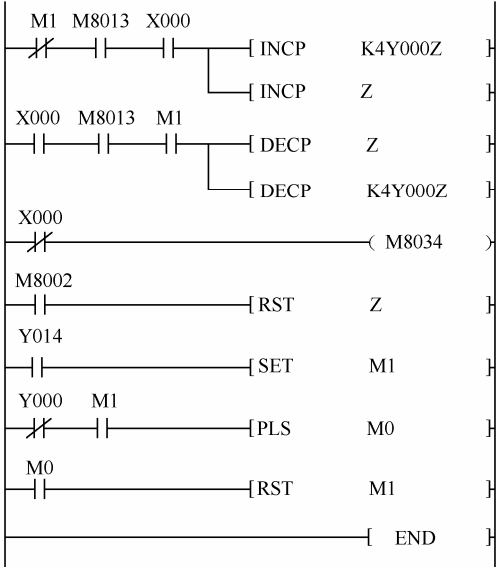


图 9.21 彩灯控制参考梯形图

任务 3 流水灯光控制

1. 实训目的

- (1) 学会功能指令的编程方法。

(2) 掌握 ROR、ROL 等功能指令的使用。

2. 控制要求

利用 PLC 实现流水灯光控制，某灯光招牌有 L1~L8 八个灯接于 K2Y0，要求当 X0 为 ON 时，灯先以正序每隔 1s 轮流点亮，当 Y7 亮后，停 3s；然后以反序每隔 1s 轮流点亮，当 Y0 再亮后，停 3s，重复上述过程。当 X1 为 ON 时，停止工作。

3. 实训要求

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮	X0	外接 L1~L8	Y0~Y7
停止按钮	X1		

本任务可用循环移位指令实现。初始条件若 X0 为 ON，则 Y0 外接的灯 L1 点亮，其余各输出继电器均为 OFF，第 3~5 行的“启—保—停”电路用来设置正序轮流点亮条件：启动时（X0 常开触点）或者反序轮流点亮完成时（T1 常开触点）均可作为正序轮流点亮的“启”电路，停止时（X1 常闭触点）或者反序轮流点亮时（M1 常闭触点）作为正序轮流点亮的“停”电路；正序轮流点亮电路和反序轮流点亮电路，间隔 1s 由 M8013 控制。

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺要求画出梯形图，写出语句表。
- (4) 输入程序并进行调试。
- (5) 梯形图参考程序如图 9.22 所示。

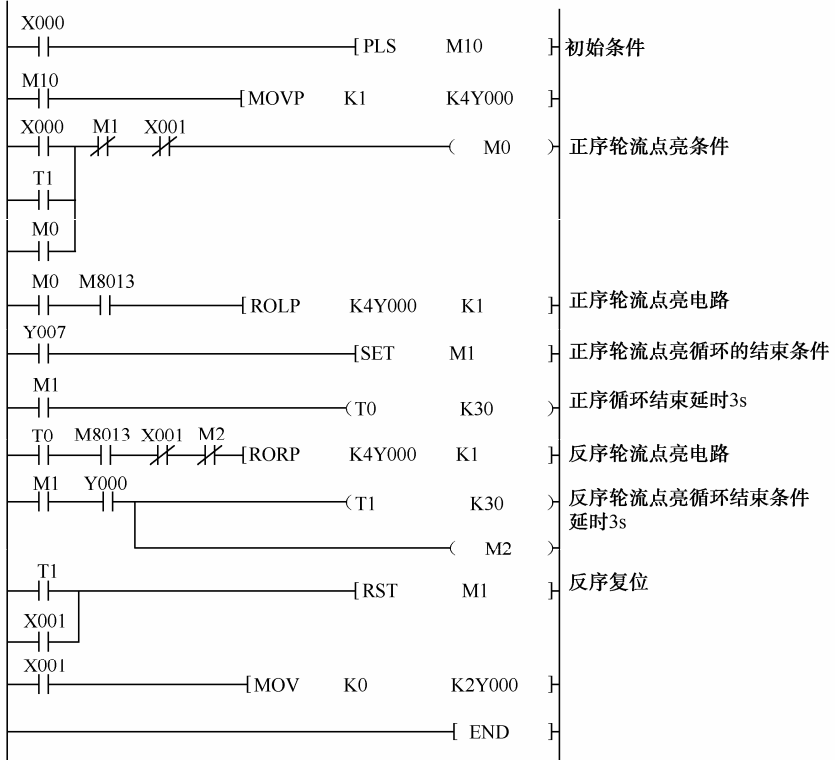


图 9.22 流水灯光控制参考梯形图

任务 4 步进电动机控制

1. 实训目的

- (1) 学会功能指令的编程方法。
- (2) 掌握 SFTL、SFTR 等功能指令的使用。

2. 控制要求

本任务利用 PLC 控制步进电动机。步进电动机是一种利用电磁铁将电脉冲信号转换为线位移或角位移的电动机，它广泛应用于打印机位移和托架移动、复印机纸数控制、绘图仪的 X、Y 轴驱动和数控机床的 X、Y 轴驱动等。如图 9.23 所示是步进电动机工作原理示意图，通过顺序切换开关，控制电动机每组绕组轮流通电，以使电动机转子按照顺时针方向一步一步地转动。切换开关由电脉冲信号控制，脉冲信号由 PLC 根据控制要求计算后发出，然后再经过分配放大后驱动步进电动机。其驱动过程如图 9.24 所示。

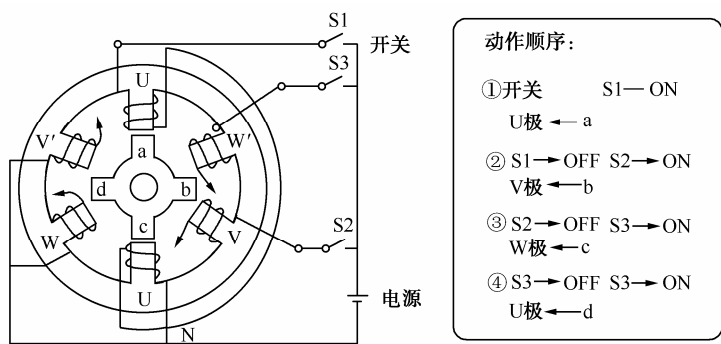


图 9.23 步进电动机工作原理示意图

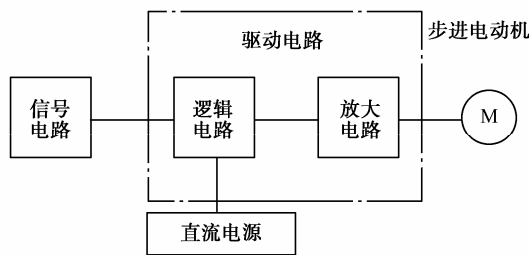


图 9.24 步进电动机驱动过程

现用 PLC 位移指令实现步进电动机正反转和调速控制。以三相三拍电动机为例，脉冲序列由 Y10~Y12（晶体管）送出，作为步进电动机驱动电源功放电路的输入。

设置 X0 为启停按钮，Z1 为正反转切换开关（X1 为 OFF 时，正转；X1 为 ON 时，反转），X2 为减速按钮，X3 为增速按钮，脉冲序列通过 Y10~Y12（晶体管）送出。

3. 实训要求

- (1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启停按钮	X0	电脉冲序列	Y10~Y12
正反转切换开关	X1		
减速按钮	X2		
增速按钮	X3		

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 $\text{FX}_{2\text{N}}$ 系列 PLC 按工艺要求画出梯形图，写出语句表。
- (4) 输入程序并进行调试。
- (5) 梯形图参考程序如图 9.25 所示。

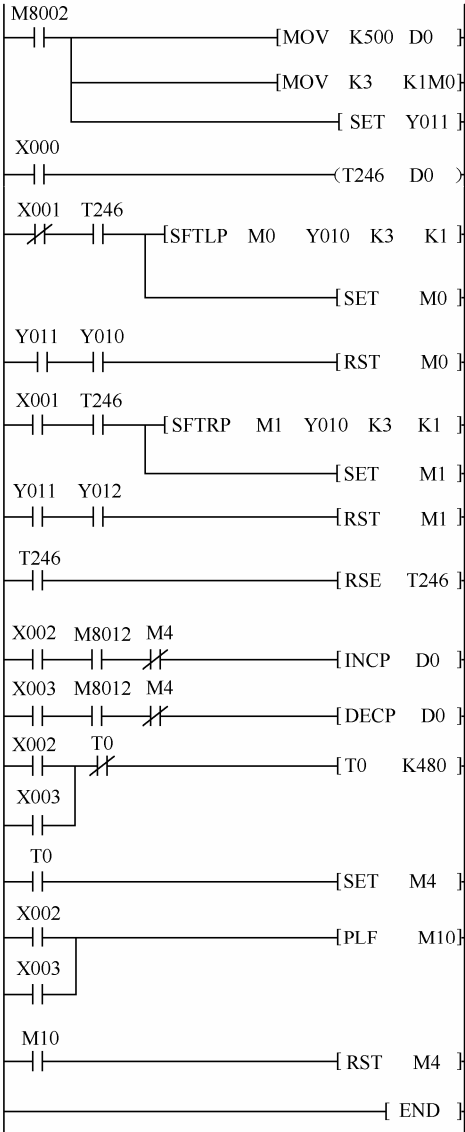


图 9.25 步进电动机控制参考梯形图

梯形图中采用积算定时器 T246 为脉冲发生器，产生移位脉冲，其设定值为 K2~K500，定时值为 2~500ms，这样步进电动机可获得 500~2 步/s 的变速范围。T0 为脉冲发生器设定值调整时间限制。

- ① 初始化程序。程序开始运行时，D0 设置初始值为 K500，M1、M0、Y11 置为 ON。
- ② 步进电动机正转。按下 X0，启动定时器 T246，D0 初始值 K500 作为定时器 T246 的设定值，当 X1 为 OFF 时，T246 每完成一次定时，就会按照 M0 的值形成正序脉冲序列 101→011→110→101→011→110→…，即在 T246 的作用下最终形成 101、011、110 的三拍循环。
- ③ 步进电动机反转。X1 为 ON 时，T246 每完成一次定时，就会按照 M0 的值形成反序脉冲序列 101→110→011→101→110→011→…，即在 T246 的作用下最终形成 101、110、011 的三拍循环。
- ④ 减速调整。X2 为减速按钮。当按下 X2 时，定时器 T246 的设定值 D0 增加，即 T246 定时值增加，每秒步数减小，于是步进电动机转速变小。
- ⑤ 增速调整。X3 为增速按钮。当按下 X3 时，定时器 T246 的设定值 D0 减小，即 T246 定时值减小，每秒步数增加，于是步进电动机转速变大。

注意：调速时，应按住 X2（减速）或 X3（增速）按钮，仔细观察 D0 的变化，当变化值达到所需速度值时，释放按钮。

任务 5 用单按钮实现五台电动机的启停控制

1. 实训目的

- (1) 学会功能指令的编程方法。
- (2) 掌握 DECO 等功能指令的使用。

2. 控制要求

用单按钮控制五台电动机的启停。对五台电动机进行编号，按下按钮一次（保持 1s 以上），1 号电动机启动，再按按钮，1 号电动机停止；按下按钮二次（第二次保持 1s 以上），2 号电动机启动，再按按钮，2 号电动机停止，依次类推，按下按钮五次（第五次保持 1s 以上），5 号电动机启动，再按按钮，5 号电动机停止。利用 PLC 实现该功能。启停按钮接到 X0，五台电动机接到 Y0~Y4。

3. 实训要求

- (1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮	X0	1 号电动机	Y0
		2 号电动机	Y1
		3 号电动机	Y2
		4 号电动机	Y3
		5 号电动机	Y4

- (2) 画出 I/O 接线图。
- (3) 用 FX_{2N} 系列 PLC 按工艺要求画出梯形图，写出语句表。
- (4) 输入程序并进行调试。

(5) 梯形图参考程序如图 9.26 所示。

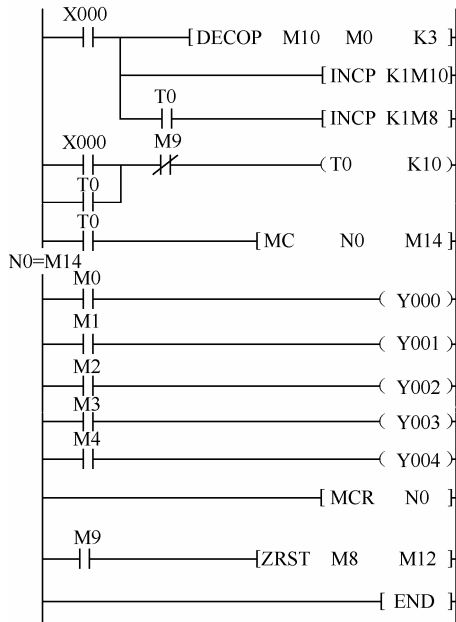


图 9.26 单按钮控制五台电动机参考梯形图

梯形图中,输入电动机编号的按钮接于 X0,电动机号数使用加 1 指令记录在 K1M10 中。DECO 指令将 K1M10 中的数据译码并令 M0 右侧和 K1M10 中数据相同的位元件置“1”。M9 和 T0 用于输入数字确认及停车复位控制。

项目 10 程序控制类应用指令与实训

任务 1 程序控制类指令及应用基础

知识链接 程序控制类指令

1. 跳转指令

(1) 编程元件——跳转指针 (P)。FX_{2N} 系列 PLC 的指针 P 有 128 点 (P0~P127)，用于分支和跳转程序。指针 P 使用时要注意以下几点。

① 在梯形图中，指针放在左侧母线的左边，一个指针只能出现一次，如出现两次或两次以上，就会出错。

② 多条跳转指令可以使用相同的指针。

③ P63 是 END 所在的步序，在程序中不需要设置 P63。

④ 指针可以出现在相应跳转指令之前，但是，如果反复跳转的时间超过监控定时器的设定时间，会引起监控定时器出错。

(2) 跳转指令 (CJ)。跳转指令 CJ 执行时，如果跳转条件满足，PLC 将不再扫描执行跳转指令与跳转指针 P 之间的程序，即跳到以指针 P 为入口的程序段中执行。直到跳转条件不再满足，跳转才会停止进行。

使用跳转指令要注意以下几点。

① 跳转指令具有选择程序段的功能。在同一个程序中，位于不同程序段的程序不会被同时执行，所以不同程序段中的同一线圈不能视为双线圈。

② 可以有多条跳转指令使用同一指针。如图 10.1 所示，X20 接通，第一条跳转指令有效，程序将从这一步跳到指针 P9 处，如果 X20 断开，而 X21 接通，则第二条跳转指令生效，程序将从第二条指令跳到 P9 处。但不允许一个跳转指令对应两个指针的情况。

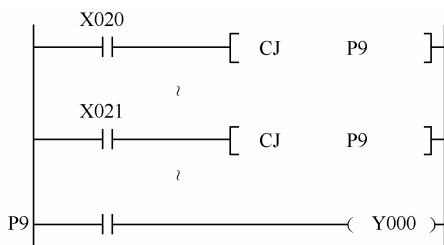


图 10.1 两条跳转指令使用同一指针说明

③ 指针一般设在相关的跳转指令之后，也可以设在跳转指令之前。但要注意从程序执行顺序来看，如果由于指针在前造成该程序的执行时间超过了警戒时钟设定值，则程序就会出错。

④ 使用 CJ (P) 指令时, 跳转只执行一个扫描周期, 但若用辅助继电器 M8000 作为跳转指令的工作条件, 跳转就会成为无条件跳转。

(3) 主程序结束指令 (FEND)。FEND 为主程序结束指令, 其使用方法与 END 指令一样。

2. 子程序指令

(1) 子程序调用指令 (CALL)。子程序是为一些特定的控制目的编制的相对独立的程序。为了区别于主程序, 规定在程序编排时, 将主程序写在前边, 以 FEND 指令结束主程序, 子程序写在 FEND 后边, 主程序带有多个子程序时, 子程序可依次列在主程序结束指令 FEND 之后。子程序调用指令 CALL 安排在主程序段中。如图 10.2 所示, X1、X2 分别是两个子程序 (指针分别为 P1 和 P2) 执行的控制开关, X1 为 ON 时, 指针为 P1 的子程序得以执行, X2 为 ON 时, 指针为 P2 的子程序得以执行。

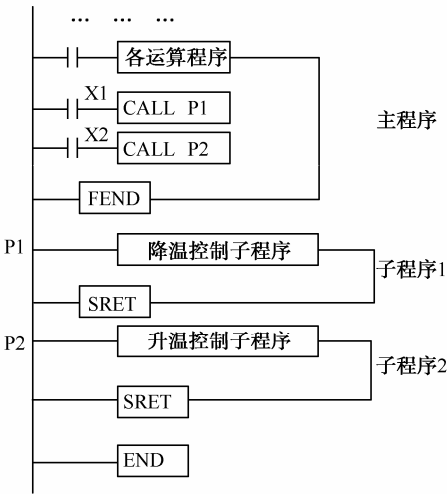


图 10.2 子程序结构示意图

(2) 子程序返回指令 (SRET)。子程序返回指令 SRET 是不需要驱动触点的单独指令。子程序的范围从它的指针标号开始, 到 SRET 指令结束。每当程序执行到子程序调用指令 CALL 时, 都转去执行相应的子程序, 当遇到 SRET 指令时则返回原断点继续执行原程序。

3. 循环指令

循环指令由 FOR 及 NEXT 两条指令构成, 这两条指令总是成对出现的。如图 10.3 (a) 所示, 三条 FOR 指令和三条 NEXT 指令相互对应。在梯形图中相距最近的 FOR 指令和 NEXT 指令是一对, 其次是距离稍远一些的, 最后是距离更远一些的组成一对。如图 10.3 (a) 所示的是三级循环嵌套的情况。从图中还可看出, 每一对 FOR 指令和 NEXT 指令间的程序就是执行过程中需按一定的次数进行循环的部分。循环的次数由 FOR 指令后的源数据给出。

该程序最中心的循环内容为向数据存储器 D100 中加 1, 它一共执行了 $2 \times 2 \times 3 = 12$ 次。循环可以 5 层嵌套, 循环嵌套时循环次数计算说明如图 10.3 (b) 所示。外层循环 A 嵌套了内层循环 B, 循环 A 执行 5 次, 每一次循环 A, 就要执行 10 次循环 B, 因此循环 B 一共要执行 $5 \times 10 = 50$ 次。利用循环中的 CJ 指令可跳出 FOR、NEXT 之间的循环区。

在某种操作需反复进行的场合, 使用循环程序可以使程序简单, 提高程序功能。如对某一取样数据做一定次数的加权运算, 控制输出口按一定的规律做反复的输出动作, 或利用反复的加减运算完成一定的增加或减少, 又或是利用反复的乘除运算完成一定量的数据移位等。

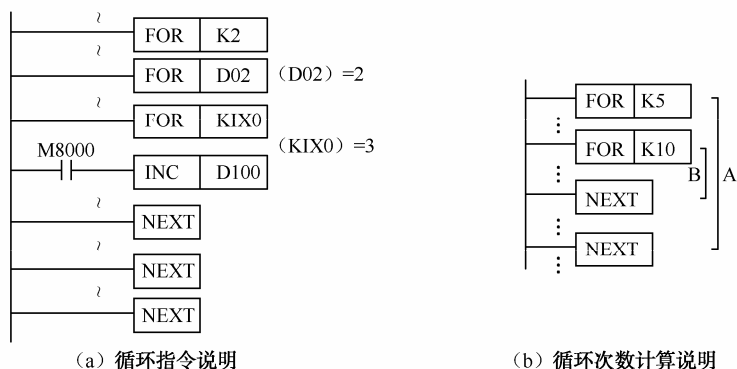


图 10.3 循环指令

4. 外部中断子程序

(1) 编程元件——中断指针 I。中断指针 I 用来指明某一中断源的中断程序入口指针，当执行到 IRET（中断返回）指令时返回主程序。中断指针 I 应在 FEND 指令之后使用。

外部输入中断从输入端子送入，用于机外突发随机事件引起的中断。如图 10.4 所示是外部输入中断指针编号的含义，输入中断指针为 I□□□，最高位与 X0~X5 的元件号相对应，即输入号分别为 0~5（从 X0~X5 输入），最低位为中断信号的形式，为 0 时表示下降沿中断，反之为上升沿中断。例如，中断指针 I001 之后的中断程序在输入信号 X0 的上升沿时执行。

同一个输入中断源只能使用上升沿中断或下降沿中断，例如不能同时使用中断指针 I000 和 I001。用于中断的输入点不能与已经用于高速计数器的输入点冲突。

(2) 与中断有关的指令。与中断有关的指令有中断返回指令 IRET、允许中断指令 EI 和禁止中断指令 DI，均无操作数。

① PLC 通常处于禁止中断的状态，指令 EI 和 DI 之间的程序段为允许中断的区间，当程序执行到该区间时，如果中断源产生中断，CPU 将停止执行当前的程序，转去执行相应的中断子程序，执行到中断子程序中的 IRET 指令时，返回原断点，继续执行原来的程序。

② 中断程序从它唯一的中断指针开始，到第一条 IRET 指令结束。中断程序应放在 FEND 指令之后，IRET 指令只能在中断程序中使用，中断程序的结构如图 10.5 所示。特殊辅助继电器 M805△为 ON 时（△=0~8），禁止执行相应的中断 I△□□（□□是与中断有关的数字）。例如，M8050 为 ON 时，禁止执行相应的中断 I000 和 I001。M8059 为 ON 时，关闭所有的计数器中断。

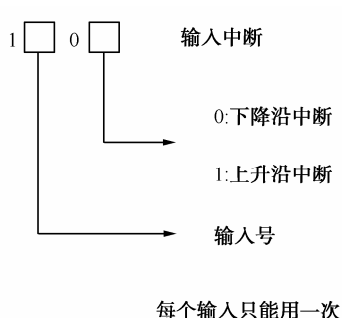


图 10.4 外部输入中断指针编号的含义

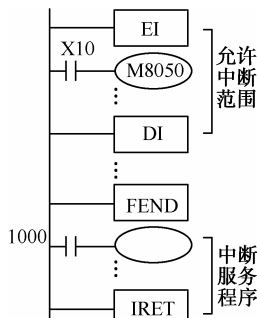


图 10.5 中断程序的结构

③ 由于中断的控制脱离于程序的扫描执行机制，所以，多个突发事件同时出现时必须有个处理秩序，这就是中断优先权。中断优先权按中断号的大小决定，号数小的中断优先权高。由于外部中断号整体上低于定时器中断，因此，外部中断的优先权较高。

④ 执行一个中断子程序时，其他中断被禁止，在中断子程序中编入 EI 和 DI，可实现双重中断，子程序中只允许两级中断嵌套。一次中断请求，中断程序一般仅能执行一次。

⑤ 如果中断信号在禁止中断区间出现，该中断信号被储存，并在 EI 指令之后响应该中断。不需要关闭中断时，可只使用 EI 指令，不使用 DI 指令。

⑥ 中断输入信号的脉冲宽度应大于 200 μ s，选择了输入中断后，其硬件输入滤波器会自动复位为 50 μ s（通常为 10ms）。

⑦ 直接高速输入可用于“捕获”窄脉冲信号。FX 系列 PLC 需要用 EI 指令来激活 X0~X5 的脉冲捕获功能，捕获的脉冲状态存放在 M8170~M8175 中。当接收到脉冲后，相应的特殊辅助继电器 M 会变为 ON，此时可用捕获的脉冲来触发某些操作。如果输入元件已用于其他高速功能，则脉冲捕获功能将被禁止。

5. 程序结构

常用的程序结构有以下几种类型。

（1）简单结构。简单结构也叫做线性结构，即指令按照顺序写下来，执行时也是按照顺序运行。程序中也会有分段，简单结构的特点是每个扫描周期中每一条指令都要被扫描。

（2）有跳转及循环的简单结构。按照控制要求，程序需要有选择地执行时要用到跳转指令，如自动、手动程序段的选择，初始化程序段和工作程序段的选择。这时在某个扫描周期中就不一定全部指令都进行扫描，被跳过的指令不被扫描。循环可以看做是相反方向的选择，当多次执行某段程序时，其他程序就相当于被跳过。

（3）组织模块式结构。有跳转及循环的简单程序从程序结构上来说仍旧是纵向结构，而组织模块式结构的程序则存在并列结构。组织模块式程序可分为组织块、功能块、数据块。组织块专门解决程序流程问题，常作为主程序。功能块则独立地解决局部的、单一的问题，相当于一个个子程序。数据块则是程序所需的各种数据的集合。在这里，多个功能块和多个数据块相对组织块来说是并列的程序块。子程序指令及中断程序指令常用来编制组织模块式结构的程序。

组织模块式程序结构为编程提供了清晰的思路。组织块主要解决程序的入口控制，子程序完成单一的功能，程序的编制无疑得到了简化。当然，作为组织块中的主程序和作为功能块的子程序，也还是简单结构的程序。不过并不是简单结构的程序可以简单地堆积而不需考虑指令排列的秩序，PLC 的串行工作方式使得程序的执行顺序和执行结果有十分密切的联系，这在任何时候的编程中都是重要的。

与先进编程思想相关的另一种程序结构是结构化编程结构。它特别适合具有许多同类控制对象的庞大控制系统，这些同类控制对象具有相同的控制方式及不同的控制参数。编程时先针对某种控制对象编出通用的控制方式程序，在程序的不同程序段中调用这些控制方式程序时再赋予所需的参数值。结构化编程有利于多人协作的程序组织，有利于程序的调试。

任务 2 求数组脉冲的最大值

1. 实训目的

- (1) 学会功能指令的编程方法。
- (2) 掌握 FOR、NEXT 等功能指令的使用。

2. 控制要求

找出存储在 D0~D9 中的数据的最大值，存储到 D10 中，用循环指令实现。

3. 实训要求

- (1) 连接 PLC 的电源，确保无误。
- (2) 设置 D0~D9 的值分别为 K10、K5、K100、K40、K30、K20、K318、K9、K123、K56，运行程序，观察 Y15~Y0 的指示是否为 0000000100111110（即 K318）。
- (3) 改变 D0~D9 的设置，再调试程序。
- (4) 修改程序，将它变为求最小值的程序，并调试。
- (5) 梯形图参考程序如图 10.6 所示。

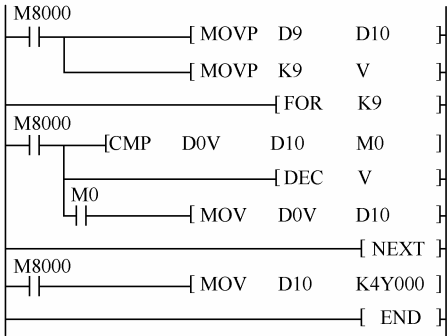


图 10.6 求最大值的参考梯形图程序

任务 3 用PLC控制台车的呼叫系统

1. 实训目的

- (1) 学会功能指令的编程方法。
- (2) 掌握传送、比较等功能指令的使用。

2. 控制要求

一部电动运输车供 8 个加工点使用。PLC 上电后，车停在某个加工点（下称工位），若无用车呼叫（下称呼车）时，则各工位的指示灯亮，表示各工位可以呼车。某工作人员按本工位的呼车按钮呼车时，各工位的指示灯均灭，此时别的工位呼车无效。如停车位呼车时，台车不动，呼车工位号大于停车位号时，台车自动向高位行驶，当呼车位号小于停车位号时，台车自动向低位行驶，当台车运行到呼车工位时自动停车。停车时间为 30s 供呼车工位使用，其他工位不能呼车。从安全角度出发，停电再来电时，台车不应自行启动。

每个工位用 1~8 编号，并各设一个限位开关。为了呼车，每个工位各设一个呼车按钮，系统设启动及停机按钮，台车设正反转接触器各 1 个。每个工位设呼车指示灯各 1 个，但并连接于各个输出口上。系统布置图如图 10.7 所示。

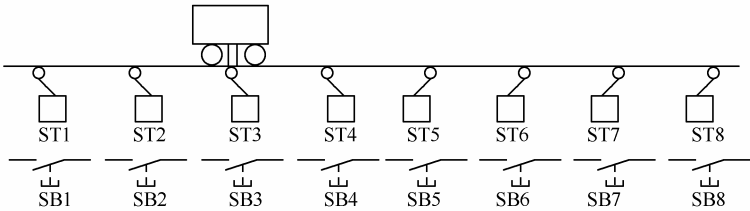


图 10.7 呼车系统布置图

3. 实训要求

(1) 输入/输出端口配置。

输 入		输 入		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
限位开关（停车号）ST1	X0	呼车按钮（呼车号）SB2	X11	电动机制动	Y0
限位开关（停车号）ST2	X1	呼车按钮（呼车号）SB3	X12	电动机正转接 触器	Y1
限位开关（停车号）ST3	X2	呼车按钮（呼车号）SB4	X13	电动机反转接 触器	Y2
限位开关（停车号）ST4	X3	呼车按钮（呼车号）SB5	X14	可呼车指示	Y3
限位开关（停车号）ST5	X4	呼车按钮（呼车号）SB6	X15		
限位开关（停车号）ST6	X5	呼车按钮（呼车号）SB7	X16		
限位开关（停车号）ST7	X6	呼车按钮（呼车号）SB8	X17		
限位开关（停车号）ST8	X7	系统启动按钮	X20		
呼车按钮（呼车号）SB1	X10	系统停止工作按钮	X21		

- (2) 根据输入输出点分配，画出 PLC 的接线图。
 - (3) 按控制要求画出梯形图，写出语句表。
 - (4) 输入程序并进行调试。
 - (5) 参考梯形图如图 10.8 所示。
- 在编程时，根据控制要求，可先绘出如图 10.9 所示的系统工作流程图。为了实现图中功能，选择 FX_{2N}—16MR 基本单元 1 台及 FX_{2N}—16EX 扩展单元 1 台组成系统。
- 程序的编制中主要使用传送比较类指令。其基本原理为分别传送台车位置工位号及呼车工位号并比较后决定台车的运动方向，在呼车工位号与台车实际工位号相等时台车停车。编程中使用的存储器和中间继电器的分配如表 10.1 所示。

任务 4 广告牌边框饰灯控制

1. 实训目的

- (1) 学会用程控类指令的编程方法。
- (2) 掌握 CALL、DECO、ROR、ROL 等指令的使用。

2. 控制要求

该广告牌有 16 个边框饰灯 L1~L16，当广告牌开始工作时，饰灯每隔 0.1s 从 L1 到 L16 依次正序轮流点亮，重复进行；循环两周后，又从 L16 到 L1 依次反序每隔 0.1s 轮流点亮，重复进行；循环两周后，再按正序轮流点亮，重复上述过程。当按停止按钮时，停止工作。

3. 实训要求

- (1) 输入/输出端口分配表。

输 入		输 出		输 出	
设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号	设 备	端 口 编 号
启动按钮 SB1	X0	饰灯 L1	Y0	饰灯 L9	Y10
停止按钮 SB2	X1	饰灯 L2	Y1	饰灯 L10	Y11
		饰灯 L3	Y2	饰灯 L11	Y12
		饰灯 L4	Y3	饰灯 L12	Y13
		饰灯 L5	Y4	饰灯 L13	Y14
		饰灯 L6	Y5	饰灯 L14	Y15
		饰灯 L7	Y6	饰灯 L15	Y16
		饰灯 L8	Y7	饰灯 L16	Y17

- (2) 根据输入输出点分配，画出 PLC 的外部接线图。参考接线图如图 10.10 所示。
- (3) 按控制要求画出梯形图，写出语句表。
- (4) 输入程序并进行调试。
- (5) 参考梯形图如图 10.11 所示。

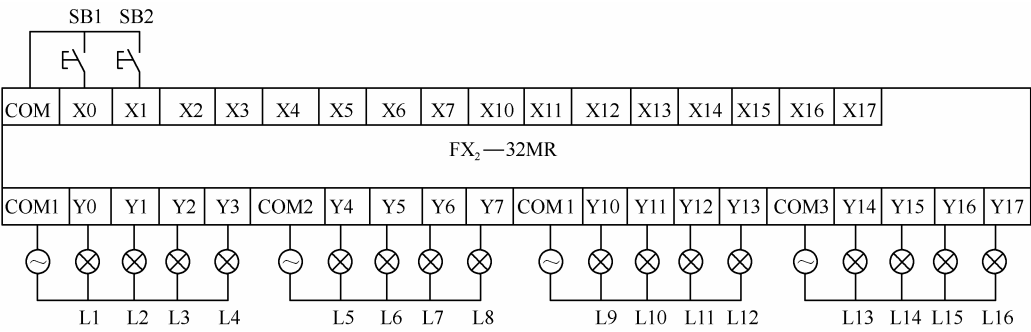


图 10.10 广告牌边框饰灯参考接线图

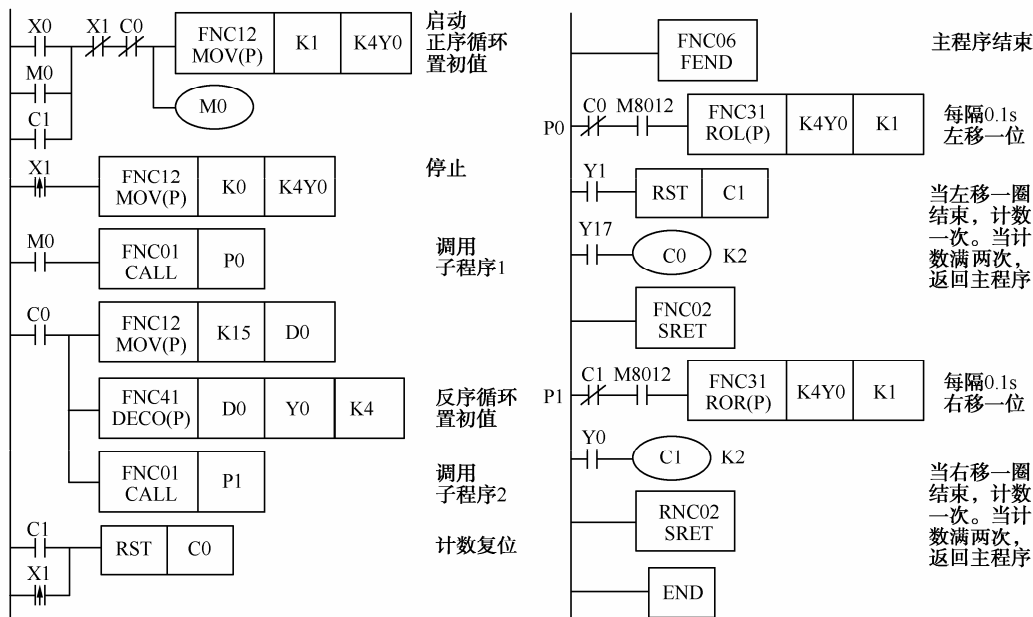


图 10.11 广告牌边框饰灯参考梯形图

上述梯形图中, 当 X0 为 ON 时, 先置正序初值 (使 Y0 为 ON), 然后执行子程序调用程序, 进入子程序 1, 执行循环左移指令, 输出继电器依次每隔 0.1s 正序左移一位, 左移一周结束, 即 Y17 为 ON 时, C0 计数一次, 重新左移; 当 C0 计数两次后, 停止左循环, 返回主程序。

再置反序初值 (使 Y17 为 ON), 然后进入子程序 2, 执行循环右移指令, 输出继电器依次每隔 0.1s 反序右移一位, 右移一周结束, 即 Y0 为 ON 时, C1 计数一次, 重新右移; 当 C1 计数两次后, 停止右循环, 返回主程序。同时使 M0 重新为 ON, 进入子程序 1, 重复上述过程。

当 X1 为 ON 时, 使输出继电器全为 OFF, 计数器复位, 饰灯全部熄灭。

项目 11 功能模块实训

在工业控制中，许多被控量如温度、压力、流量、液位都是模拟量信号，同时很多执行机构如变频器、伺服电动机、调节阀要求 PLC 输出模拟量作为控制量，但仅用 PLC 开关量的 I/O 模块很难解决模拟量的采集和对执行器的控制。因此，PLC 生产厂家开发了许多特殊功能模块，如模拟量输入/输出模块、高速计数模块、温度控制模块、通信接口模块，用这些模块和 PLC 的基本单元连接起来就可以构成一个控制系统，从而增强 PLC 的控制功能，扩展了它的应用范围。

任务 1 特殊功能模块的类型及使用

知识链接 1 FX 系列 PLC 特殊功能模块的类型

FX 系列的可编程控制器，开发了诸多的专用功能模块，选择常用的几种列举如下。

1. 模拟量输入模块

模拟量输入模块用于接收流量、温度和压力等传感设备送来的标准模拟电压、电流信号，并将其转换为数字信号供 PLC 使用，这些模块包括 FX_{2N}-4AD（4 通道模拟量输入模块）、FX_{2N}-2AD（2 通道模拟量输入模块）、FX_{2N}-4AD-PT（4 通道热电阻 PT-100 温度传感器模拟量输入模块）等。

2. 模拟量输出模块

模拟量输出模块用于需要模拟量驱动的场所，经可编程控制器运算输出的数字量经模拟量输出模块转换为标准模拟量输出。FX_{2N} 系列可编程控制器的模拟量输出模块主要包括 FX_{2N}-4DA（4 通道模拟量输出模块）、FX_{2N}-2DA（2 通道模拟量输出模块）等。

3. 高速计数模块

FX_{2N} 系列 PLC 内部已设置有高速计数模块，可以进行简易的定位控制。当需要更高精度的定位控制时，可使用高速计数模块 FX_{2N}-1HC。

4. 铂电阻输入模块 FX_{2N}-4AD-PT

该模块将来自四个铂电阻温度传感器（PT100，3 线，100Ω）的输入信号放大，并转换成 12 位数据，摄氏度和华氏度数据都可以读取。

知识链接 2 FX_{2N} 系列 PLC 特殊功能模块的安装及使用

1. 特殊功能模块与 PLC 主机的连接

不同型号的 PLC 可以通过查手册来确定其连接功能模块的数量，最多可连接 8 台功能模块（对应的编号为 0~7 号），所有的特殊功能模块都位于主机的右侧，用连接电缆依次连接。如图 11.1 所示，FX_{2N}-48MR 基本单元通过扩展总线与特殊功能模块（模拟量输入模块 FX_{2N}-4AD，模拟量输出模块 FX_{2N}-4DA，温度传感器模拟量输入模块 FX_{2N}-4AD-PT）连接。

FX _{2N} —48MR	FX _{2N} —4AD	FX _{2N} —16EX	FX _{2N} —4DA	FX _{2N} —32ER	FX _{2N} —4AD—PT
0号			1号		2号

图 11.1 FX_{2N}—48MR 与特殊功能模块连接示意图

2. 特殊功能模块位置的编号

从左至右依次为 N0、N1、N2…。需要注意的是，输入输出扩展模块不参与编号，而且它们的位置可以任意放置。

3. FX_{2N}系列PLC特殊功能模块之间的读、写操作

FX_{2N} 可编程控制器与特殊功能模块之间的数据交换通过 FROM/TO 指令执行。FROM 指令用于 PLC 基本单元读取特殊功能模块中的数据，TO 指令用于 PLC 基本单元将数据写到特殊功能模块中。读、写操作都是针对特殊功能模块的缓冲寄存器 BFM 进行的。

(1) 特殊功能模块读指令。该指令的助记符、指令代码、操作数、程序步如表 11.1 所示。

表 11.1 特殊功能模块读指令要素

指令名称	助记符	指令代码	操作数			
			m1	m2	[D.]	n
读指令	FROM	FNC78	K、H	K、H	KnY、KnM、KnS	K、H
			m1=0~7	m2=0~31	T、C、D、V、Z	n=1~32

其中，m1：特殊功能模块号 m1=0~7；

m2：特殊功能模块的缓冲寄存器（BFM）首元件编号 m2=0~31；

[D.]：指定存放在 PLC 中数据寄存器首元件号；

n：指定特殊功能模块与 PLC 之间的传送字数；

指令表示：将编号为 m1 的特殊功能模块中缓冲寄存器（BFM）编号从 m2 开始的 n 个数据读入 PLC 中，并存储于 LC 中以 D 开始的 n 个数据寄存器中。如图 11.2 梯形图所示。

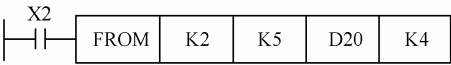


图 11.2 梯形图

此程序表示当 X2 接通时，将 N2 模块（4AD—PT）内 BFN#5~#8 的数据读入 PLC 主机 D20~D23 数据寄存器中。

(2) 特殊功能模块写指令。该指令的助记符、指令代码、操作数如表 11.2 所示。

表 11.2 特殊功能模块写指令要素

指令名称	助记符	指令代码	操作数			
			m1	m2	[S.]	n
读指令	TO	FNC79	K、H	K、H	KnY、KnM、KnS	K、H
			m1=0~7	m2=0~31	T、C、D、V、Z	n=1~32

其中，m1：特殊功能模块号 m1=0~7；

m2：特殊功能模块的缓冲寄存器（BFM）首元件编号 m2=0~31；

[S.]: PLC 中指定读取数据的首元件号;

n: 指定模块与 PLC 之间的传送字数;

指令表示: 将 PLC 中指定的以 S 元件为首地址的 *n* 个数据, 写到编号为 m1 的特殊功能模块, 并存入到该特殊功能模块中以 m2 为首地址的缓冲寄存器 (BFM) 内。如图 11.3 梯形图所示。

在执行 FROM/TO 时, FX_{2N} 用户可以立即中断, 也可以等到当前 FROM/TO 指令完成后, 再中断, 这一功能的实现是通过 M8082 来完成的, M8082=OFF 禁止中断, M8082=ON 允许中断。

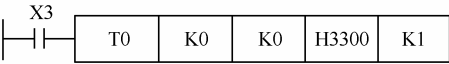


图 11.3 梯形图

此程序表示当 X3 接通时, 将十六进制数 H3300 写入 N0 模块(4AD)的缓冲寄存器(BFM)的#0 单元中。

任务 2 模拟量输入模块FX_{2N}—4AD实训

FX_{2N}—4AD 为 12 位高精度模拟量输入模块, 具有 4 输入 A/D 转换通道, 输入信号类型可以是电压 (−10~+10V) 或者电流 (−20~+20mA), 每个通道都可以独立地指定为电压输入或电流输入。

1. 实训目的

- (1) 了解 FX_{2N}—4AD 模块的性能特点及连接方法。
- (2) 学会特殊功能模块读、写指令的应用。
- (3) 掌握模块初始参数的设置方法。

2. 实训设备

PLC 主机: FX_{2N}—32MR; FX_{2N}—4AD; 可调稳压电源; 电压、电流表; 万用表; 编程电脑; 通信电缆等。

3. 预习要求

在实训之前, 请复习 FX_{2N}—4AD 的相关知识。

4. 配线连接

如图 11.4 所示是模拟量输入模块 FX_{2N}—4AD 的端子接线图。当采用电流输入信号或电压输入信号时, 端子的连接方法不一样。输入的信号范围应在 FX_{2N}—4AD 规定的范围之内。

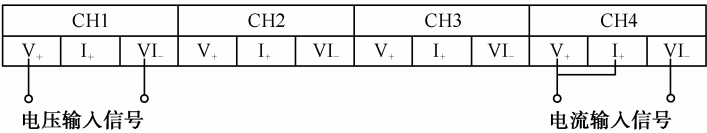
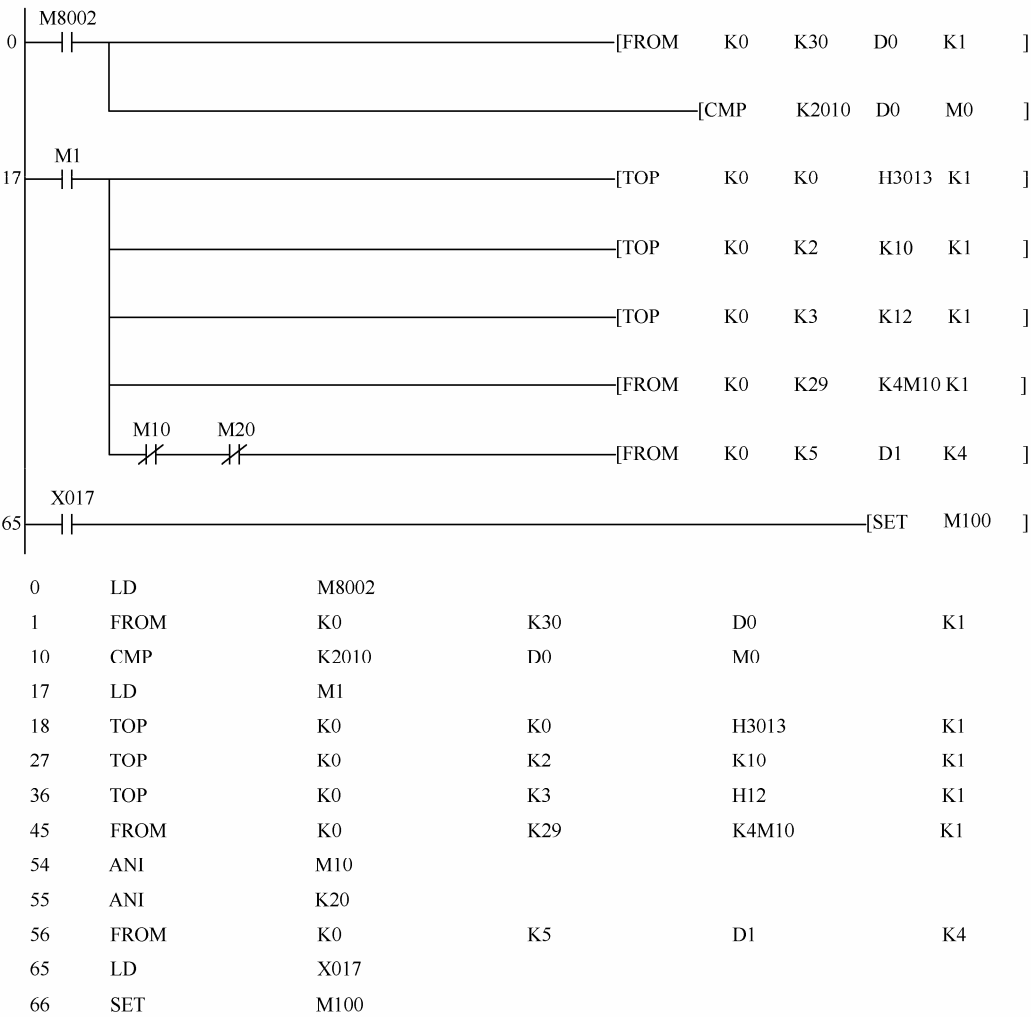


图 11.4 FX_{2N}—4AD 的端子接线图

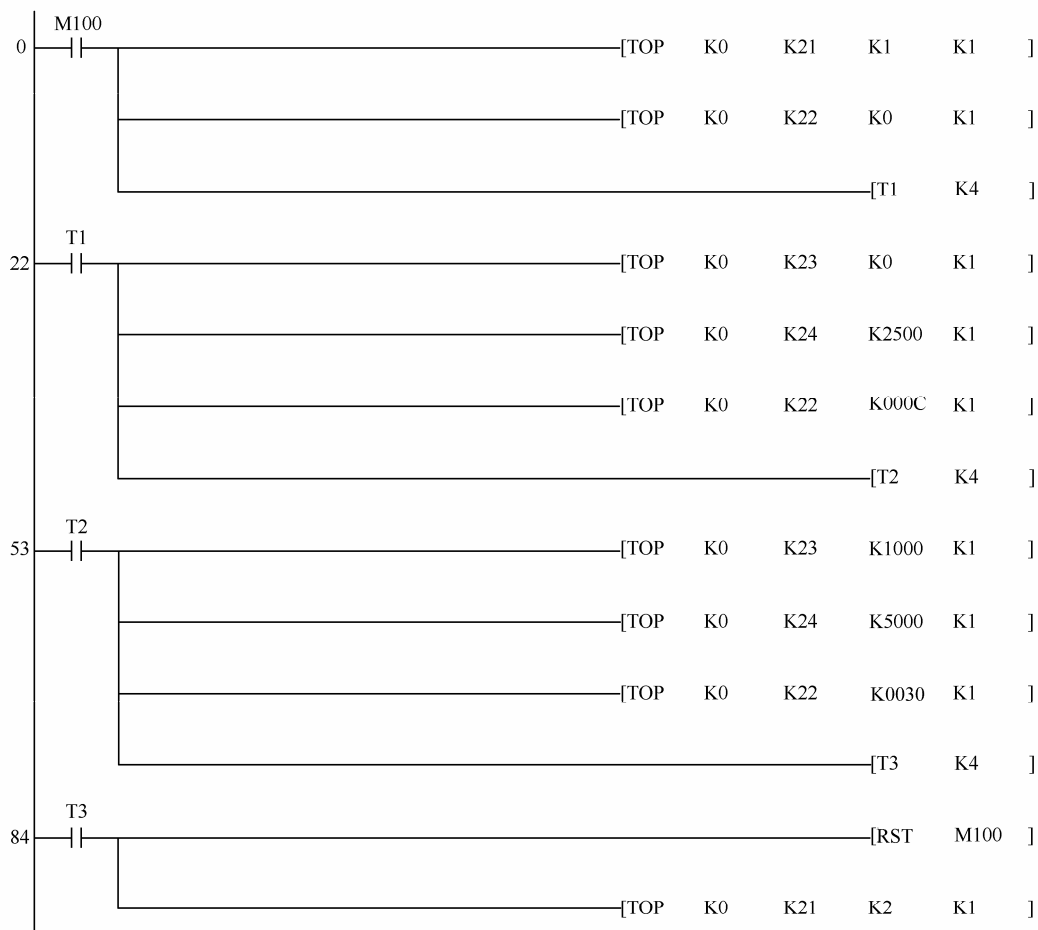
5. 实训内容

- (1) 初始参数设置并运行设置程序。
- ① 阅读如图 11.5 所示的 FX_{2N}—4AD 梯形图与指令表，并逐条加以注释。
- ② 用编程软件绘制梯形图并传送至主机 FX_{2N}。
- ③ 运行程序并监控。
- ④ 改变各通道的输入量并记录相应数据的变化量，填入表 11.3 中。



(a)

图 11.5 FX_{2N}—4AD 梯形图与指令表



0	LD	M100				
1	TOP	K0	K21	K1	K1	
10	TOP	K0	K22	K0	K1	
19	OUT	T1	K4			
22	LD	T1				
23	TOP	K0	K23	K0	K1	
32	TOP	K0	K24	K2500	K1	
41	TOP	K0	K22	H000C	H1	
50	OUT	T2	K4			
53	LD	T2				
54	TOP	K0	K23	K1000	K1	
63	TOP	K0	K24	K5000	K1	
72	TOP	K0	K22	K0030	K1	
81	OUT	T3	K4			
84	LD	T3				
85	RST	M100				
86	TOP	K0	K21	K2	K1	

(b)

图 11.5 FX_{2N}-4AD 梯形图与指令表 (续)

表 11.3 输入模拟量对应数据

通道号	输入模拟量变化值（单位： ）						
CH							
对应数据 变化值							
通道号	输入模拟量变化值（单位： ）						
CH							
对应数据 变化值							

（2）实训题。根据表 11.4 中的初始参数，设计模块 4AD 相应通道的应用和调整程序。

表 11.4 初始参数

通 道 号	输 入 范 围	增 益	偏 置 量	平均采样数	平均值存放
CH1	-20~+20 mA	10 mA	-3 mA	20	D1
CH2	不用				
CH3	-10~+10V	10V	2V	15	D3
CH4	不用				

- ① 设计参数调整的梯形图并传送至主机。
- ② 运行、调试该程序并监控。
- ③ 改变各通道输入量并记录相应数据的变化量，填入表 11.5 中。

表 11.5 测试数据

通道号	输入模拟量变化值（单位： ）						
CH							
对应数据 变化值							
通道号	输入模拟量变化值（单位： ）						
CH							
对应数据 变化值							

6. 实训数据处理及实训报告

- （1）根据表 11.4 和表 11.5 的数据分别画出各通道的增益和偏置曲线。
- （2）分析实训结果，总结该模块增益和偏置量的调整规律。
- （3）结合你的工作，举出该模块可实际应用的场合。

任务 3 模拟量输出模块FX_{2N}—2DA实训

PLC 的模拟量输出模块是将 PLC 中经逻辑或数字运算处理后的数字量以连续电压量或电流量的方式输出，用以直接驱动或控制需要模拟量输入的外部设备，如记录仪、变频器、加热炉等。

1. 实训目的

- (1) 了解 FX_{2N}—2DA 模块的性能特点及连接方法。
- (2) 掌握模块初始参数的设置方法。

2. 实训设备

PLC 主机：FX_{2N}—32MR；FX_{2N}—2DA；电压、电流表；万用表；编程电脑；通信电缆等。

3. 预习要求

在实训之前，请复习 FX_{2N}—2DA 相关知识。

4. 配线连接

如图 11.6 所示是 FX_{2N}—2DA 的端子接线图。当采用电流输出或电压输出时，端子的连接方法不一样。

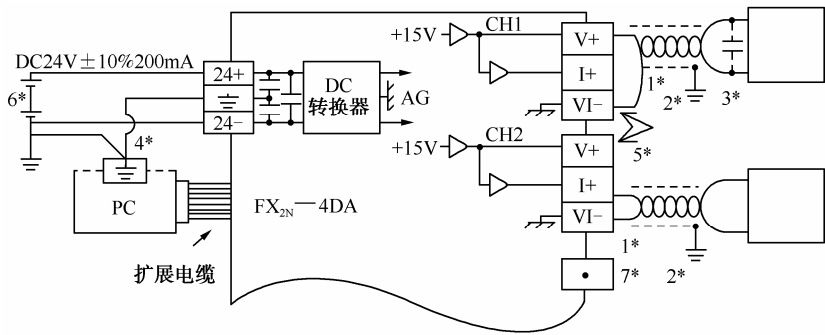


图 11.6 FX_{2N}—2DA 的端子接线图

5. 实训内容

- (1) 初始参数设置并运行设置程序。

① 阅读如图 11.7 所示的 FX_{2N}—2DA 梯形图与指令表，逐条加以注释，并根据模块的实际连接位置输入程序。

② 用编程软件绘制该梯形图并传送至主机 FX_{2N}。

③ 运行该程序并监控。

④ 改变数据寄存器 D2、D3 的数据并记录相应的输出变化量，填入表 11.6 中。

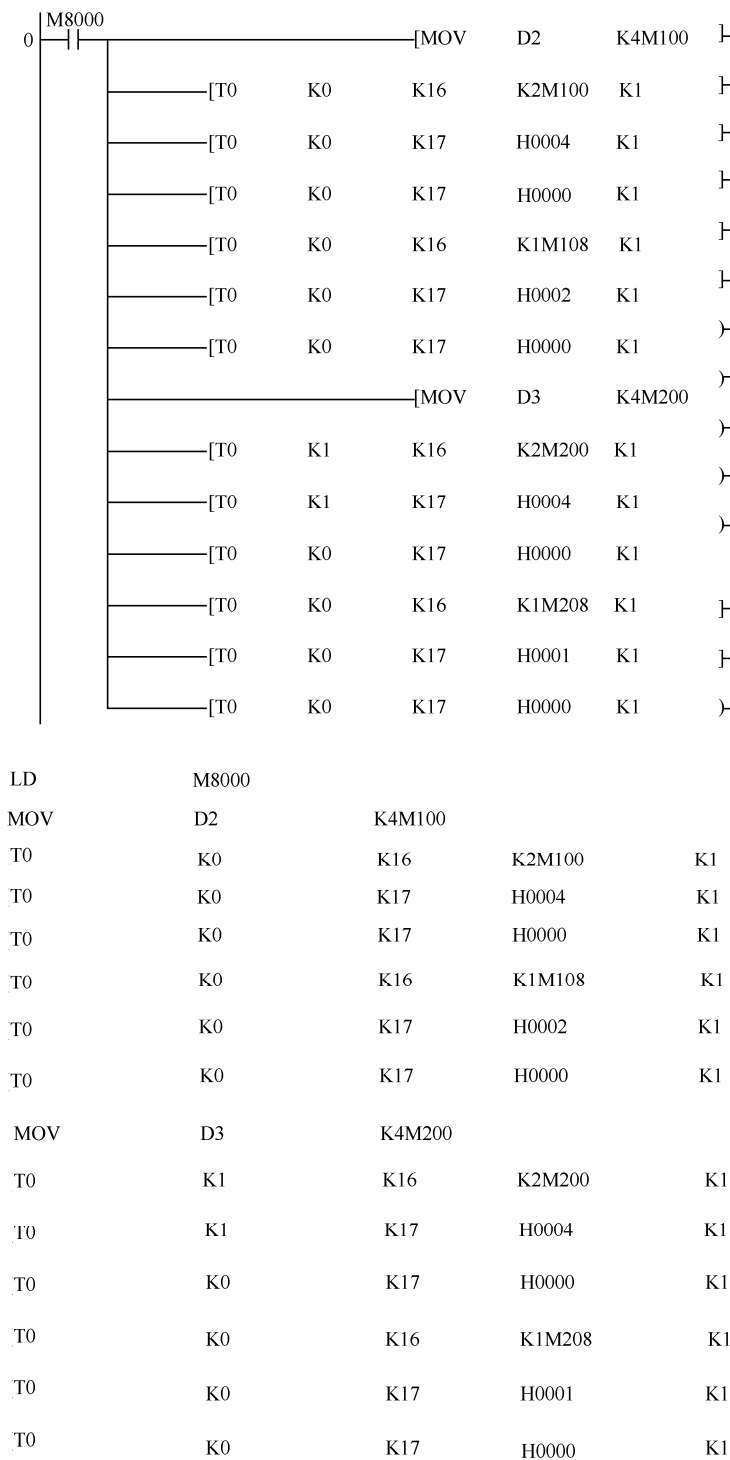


图 11.7 FX_{2N}—2DA 梯形图与指令表

表 11.6 输出数字量对应模拟量

通道号	输出数字量变化值（单位： ）						
CH							
对应数据 变化值							
通道号	输出数字量变化值（单位： ）						
CH							
对应数据 变化值							

（2）实训题。将 D2 中的数据转变成 5~10V 的电压量，由通道 CH1 输出；将 D3 中的数
据转变成 4~20 mA 的电流量，由通道 CH2 输出。通道 1 的输出 5~10V 对应的数字范围为 0~
4000 时，偏置如何调整呢？

- ① 设计参数调整的梯形图并传送至主机。
- ② 运行、调试该程序并监控。
- ③ 改变数据寄存器 D2、D3 的数据并记录相应输出的变化量，填入表 11.7 中。

表 11.7 测试数据

通道号	输出数字量变化值（单位： ）						
CH							
对应数据 变化值							
通道号	输出数字量变化值（单位： ）						
CH							
对应数据 变化值							

6. 实训数据处理及实训报告

- （1）根据表 11.6 和表 11.7 的数据分别画出各通道的输出特性曲线。
- （2）分析实训结果，总结该模块增益和偏置量的调整规律。

任务 4 铂电阻输入模块FX_{2N}—4AD—PT实训

FX_{2N}—4AD—PT 功能模块可将来自四个铂电阻温度传感器（PT100，3 线，100Ω）的输
入信号放大，并将数据转换成 12 位可读数据，摄氏度和华氏度数据都可以读取。

1. 实训目的

- （1）了解 FX_{2N}—4AD—PT 模块的性能特点及连接方法。
- （2）掌握模块初始参数的设置方法。

2. 实训设备

PLC 主机：FX_{2N}—32MR；FX_{2N}—4AD—PT；铂电阻传感器；加热器；编程电脑；通信

电缆等。

3. 预习要求

在实训之前，请复习 FX_{2N}—4AD—PT 相关知识。

4. 配线连接

FX_{2N}—4AD—PT 接线图如图 11.8 所示。

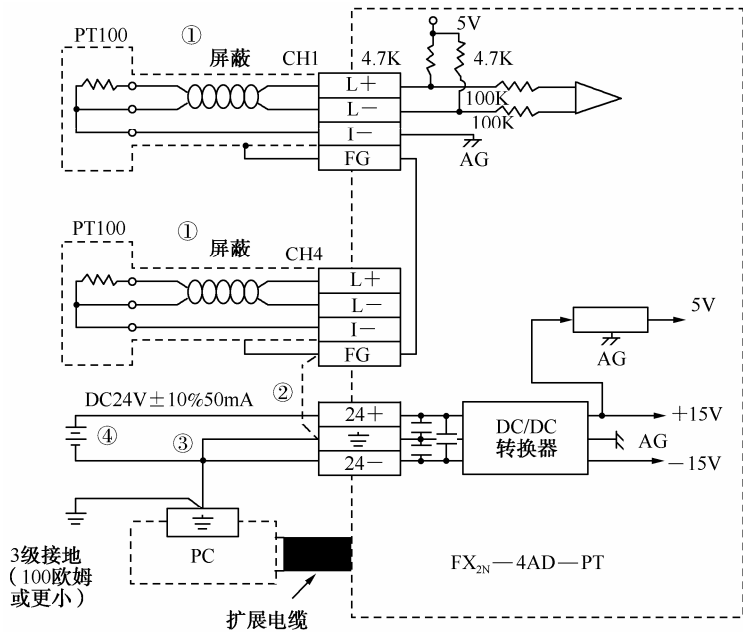


图 11.8 FX_{2N}—4AD—PT 接线图

5. 实训内容

(1) 初始参数设置并运行设置程序。

① 阅读如图 11.9 所示的 FX_{2N}—4AD—PT 梯形图与指令表，并逐条加以注释。

② 用编程软件绘制该梯形图并传送至主机 FX_{2N}。

③ 运行该程序并监控。

④ 改变各通道输入量并记录相应数据的变化量，填入表 11.8 中。

表 11.8 FX_{2N}—4AD—PT 测试数据

通道号	输入模拟量变化值（单位： ）						
CH							
对应数据 变化值							
通道号	输入模拟量变化值（单位： ）						
CH							
对应数据 变化值							

(2) 实训题。根据表 11.9 中的初始参数，设计模块 4AD 相应通道的应用和调整程序。

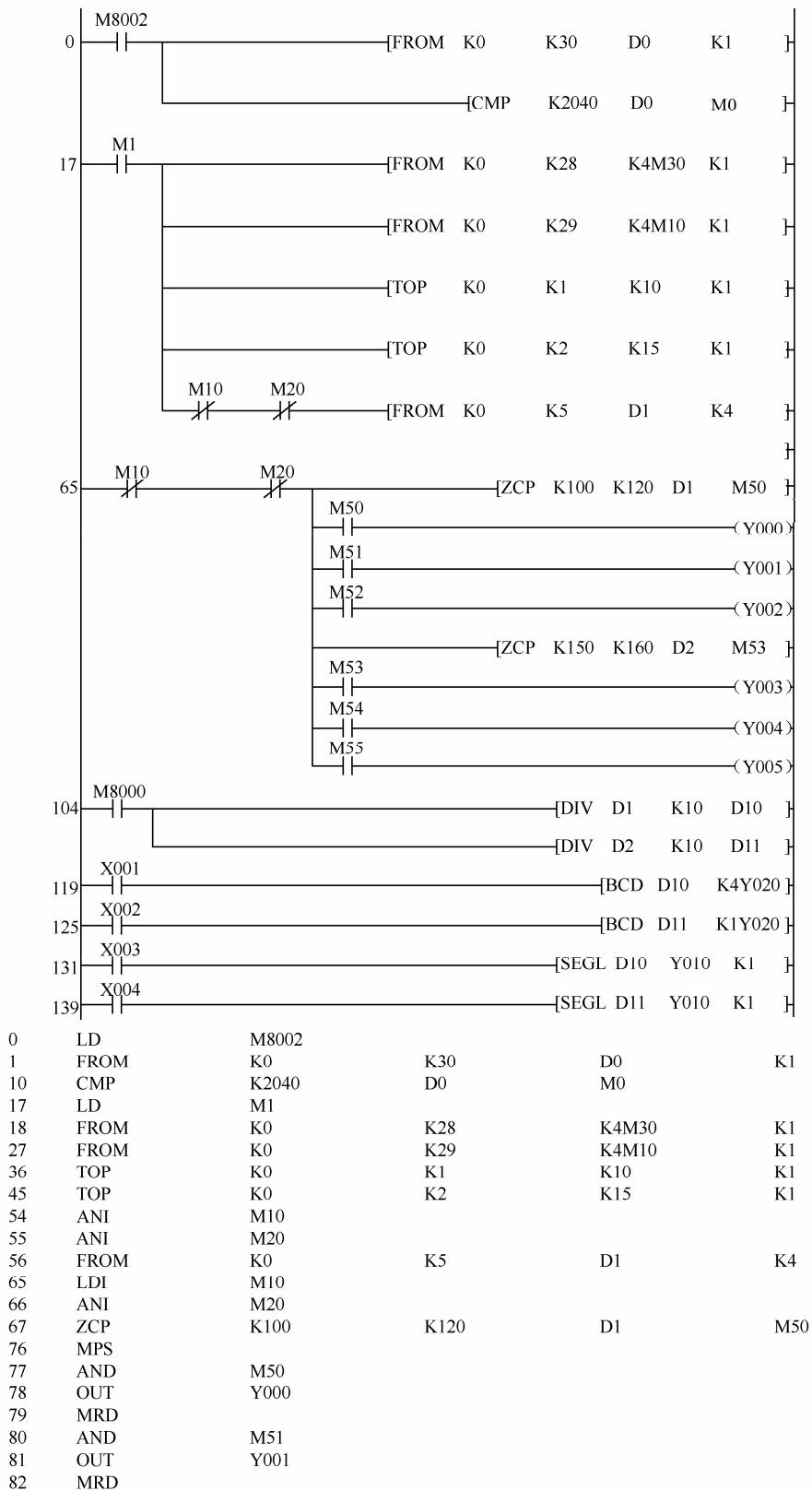


图 11.9 FX_{2N}-4AD-PT 梯形图与指令表

83	AND	M52			
84	OUT	Y002			
85	MPP				
86	ZCP	K150	K180	D2	M53
95	MPS				
96	AND	M53			
97	OUT	Y003			
98	MRD				
99	AND	M54			
100	OUT	Y004			
101	MPP				
102	AND	M55			
103	OUT	Y005			
104	LD	M8000			
105	DIV	D1	K10	D10	
112	DIV	D2	K10	D11	
119	LD	X001			
120	BCD	D10	K4Y020		
125	LD	X002			
126	BCD	D11	K1Y020		
131	LD	X003			
132	SEGL	D10	Y010	K1	
139	LD	X004			
140	SEGL	D11	Y010	K1	

图 11.9 FX_{2N}—4AD—PT 梯形图与指令表（续）

表 11.9 初始参数

通 道 号	温 控 范 围	平均采样数	平均值存放
CH1	不用		
CH2	330~345℃	12	D2
CH3	220~230℃	16	D3
CH4	不用		

- ① 设计参数调整的梯形图并传送至主机。
- ② 运行、调试该程序并监控。
- ③ 改变各通道输入量并记录相应数据的变化量，填入表 11.10 中。

表 11.10 FX_{2N}—4AD—PT 测试数据

通 道 号	输入模拟量变化值（单位： ）						
CH							
对应数据 变化值							
通道号	输入模拟量变化值（单位： ）						
CH							
对应数据 变化值							

6. 实训数据处理及实训报告

- （1）根据表 11.8 和表 11.10 的数据分别画出各通道温度输入的转换曲线。
- （2）分析实训结果。

任务 5 高速计数模块FX_{2N}—1HC的应用

FX_{2N} 主机内已有高速计数器的处理功能,使用 X0 或 X1 一相输入,内部使用 C235、C236、C246 时,计数频率可达 60kHz。如用 X0 和 X1 做两相输入,内部使用 C251 时,计数频率也可达 30kHz,如这样的计数频率还不能满足使用要求时,则往往再选用高速计数模块。

1. 实训目的

- (1) 了解 FX_{2N}—1HC 模块的性能特点及连接方法。
- (2) 掌握模块初始参数的设置方法。

2. 实训设备

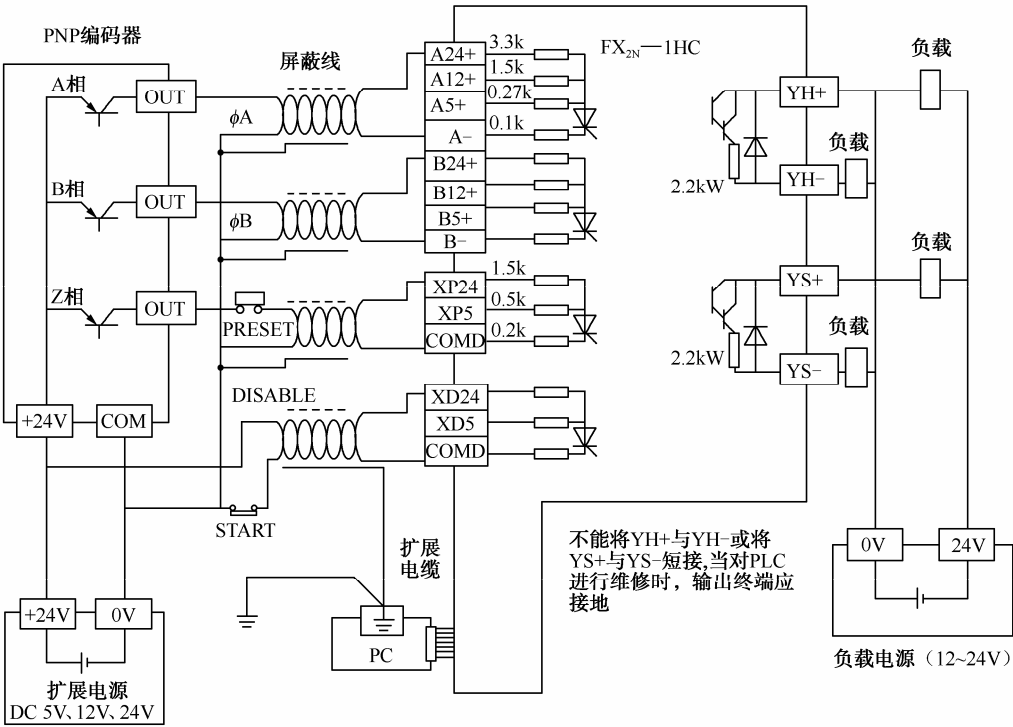
PLC 主机: FX_{2N}—1HC; 高速 A-B 相脉冲发生器; 编程电脑; 通信电缆等。

3. 预习要求

在实训之前,请复习 FX_{2N}—1HC 相关知识。

4. 配线连接

模块端口接线图如图 11.10 所示。



(a)

图 11.10 FX_{2N}—1HC 端口接线图

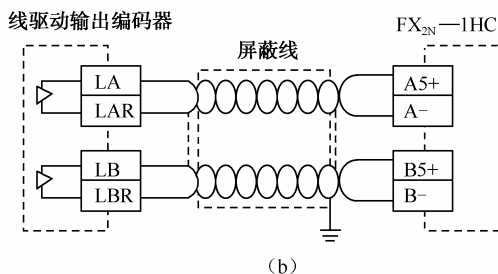


图 11.10 FX_{2N}-1HC 端口接线图 (续)

5. 实训内容

(1) 初始参数设置并运行设置程序。

- ① 阅读如图 11.11 所示的 FX_{2N}-1HC 梯形图与指令表，并逐条加以注释。
- ② 用编程软件绘制该梯形图并传送至主机 FX_{2N}。
- ③ 运行该程序并监控。

(2) 实训题。设计一个 16 位 1 相 2 输入加法计数器的初始参数设置程序，硬件输出的比较值为 K7000；软件输出的比较值为 K6500，并将软件输出信号送 PLC 的 M100；硬件输出信号送 PLC 的 Y10。

- ① 用编程软件绘制该梯形图并传送至主机 FX_{2N}。
- ② 运行、调试该程序并监控。
- ③ 改变脉冲频率及输入方式，观察计数器的运行状况。

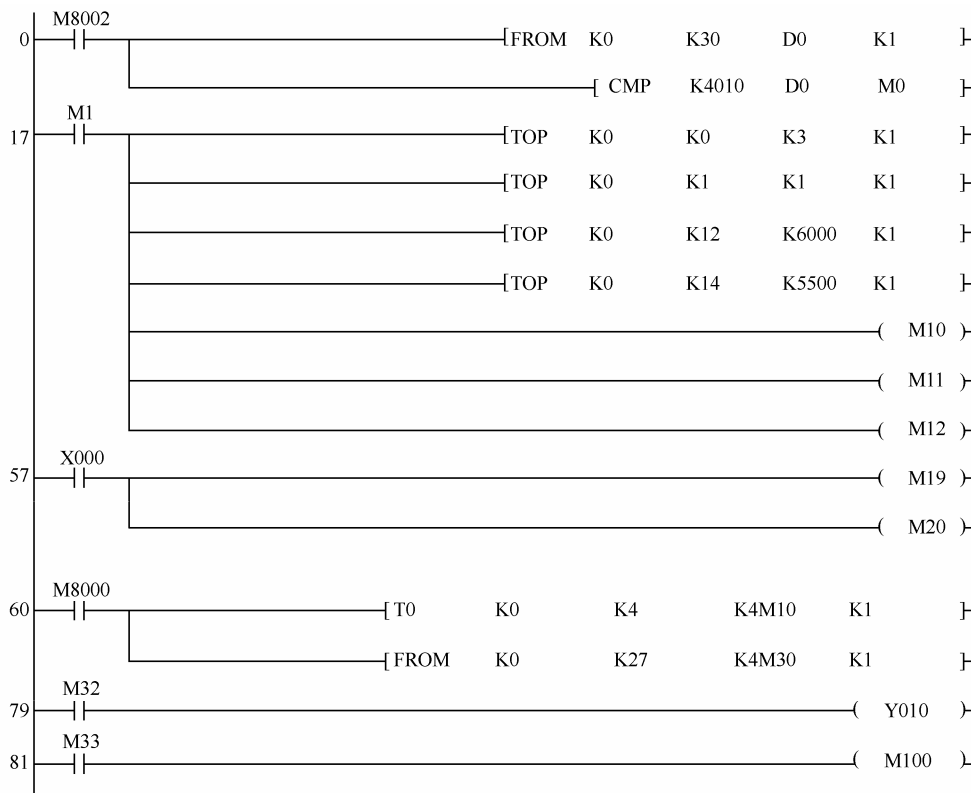


图 11.11 FX_{2N}-1HC 梯形图与指令表

0	LD	M8002			
1	FROM	K0	K30	D0	K1
10	CMP	K4010	D0	M0	
17	LD	M1			
18	TOP	K0	K0	K3	K1
27	TOP	K0	K1	K1	K1
36	TOP	K0	K12	K6000	K1
45	TOP	K0	K14	K5500	K1
54	OUT	M10			
55	OUT	M11			
56	OUT	M12			
57	LD	X000			
58	OUT	M19			
59	OUT	M20			
60	LD	M8000			
61	TO	K0	K4	K4M10	K1
70	FROM	K0	K27	K4M30	K1
79	LD	M32			
80	OUT	Y010			
81	LD	M33			
82	OUT	M100			

图 11.11 FX_{2N}—1HC 梯形图与指令表（续）

6. 分析实训结果

- （1）比较高速计数模块与 PLC 内部高速计数器的区别。
- （2）列举该模块可实际应用的场合。

项目 12 可编程控制器课程设计实训

任务 1 了解可编程控制器课程设计

知识链接 1 可编程控制器课程设计总体要求

1. 课程性质

本课程设计是在学习了 PLC 基本指令、PLC 功能指令和工业控制的人机界面这三门核心课程的基础上，通过课程设计的实践，系统地掌握在工业自动化控制系统中，PLC 及计算机控制的设计和应用的知識，为今后从事专业技术工作打下基础。

2. 课程目的

本课程以工业自动化控制系统的设计为主，设计由一些工业自动化设备组成的生产线的电气自动化控制系统。整体控制方案可以采用集中分散式控制方案，也可以采用链式分散控制方案。目的是使整个生产线保持节拍、协调作业，能够高效、稳定的工作，形成现代化的生产规模。

3. 设计内容

工业自动化生产线是由一些自动化设备组成的，每一台设备在生产线上完成一部分工作，产品加工时通过运输工具在各台设备之间传递，因此这种自动化生产线也称为流水线。

本课程设计要求通过 PLC 实验装置模仿这种生产线的工作，一个 PLC 实验装置仿真一台生产设备，几台 PLC 实验装置组成整个生产流水线。根据要求，整个班级分成几个项目组，几个学生组成一个项目组，每个学生完成其中一台设备（一个实验装置）的编程和调试。

课程设计仿真生产线是一条零件加工流水线，主要由 6 台设备组成 6 个工作单元，中间有一些辅助设备和环节，可供 6~8 名学生组成项目组进行课程设计。下面简单介绍一下这些设备的加工过程。

第 1 单元：由传送带运输毛坯零件通过一个长度检测和分类的辅助设备。正常规格予以通过，超长的零件也可以通过，但要加以记号，以便进行 2 次加工，短的零件则报废剔除。可以加工的零件到达加工设备后，首先经过定位、夹紧、端面加工，然后再释放到传送带上输送到下一个工位。有记号的超长零件，则在完成上述加工后，再进行二次加工进入下一工位。

第 2 单元：输送来的零件进入一个三工位设备的上料工位（一工位），零件在上料工位排队，当有加工信号时，释放一个零件到待加工位，再由送料器送到加工工位（二工位），若加工工位上原来有零件，送料器同时将该零件送到卸料工位（三工位）。零件到达加工工位后，加工机构进行加工，加工完成后再等待送料器将该零件送到卸料工位，同时再送入下一个新零件；零件到达卸料工位后，卸料推杆将该零件推入传送带，向下一个工位输送。

第 3 单元：该零件的下一步加工是一台四工位旋转工作台，零件要安装到四工位旋转工

作台需通过机械手来完成，机械手负责该四工位旋转工作台的零件的安装和取走。机械手控制程序是本步工作的重点。机械手的底座是一个旋转台，可以停留在上料传送带、四工位工作台的装卸料工位、下料传送带三个方向，机械手还可以进行升降、伸长缩短、夹紧放松运动。机械手的控制程序设计中要注意，对四工位旋转工作台，开始加工的 1~4 个零件都是先装料，不必卸料，把这种工作要求定为第一种控制模式。但是从第五个零件开始，必须先卸料再装料，以后连续工作也是这样要求，这是第二种控制模式。当有了停止信号后，要执行只卸料不装料的第三种控制模式。

第 4 单元：机械手将零件装到四工位旋转工作台的装卸料工位（一工位）后，旋转工作台转动 90° ，将零件送到钻孔工位（二工位）进行加工，完成钻孔加工后，等待机械手将下一个零件装到工作台的装卸料工位后，旋转工作台再转动 90° ，将该零件送到镗孔工位（三工位）进行加工，同时钻孔工位也对下一个零件进行加工。一、二、三工位都完成后，旋转工作台再转动 90° ，将第一个零件送到倒角工位（四工位）进行加工，4 个工位都完成后，旋转工作台再转动 90° ，将这个零件送到装卸料工位（一工位）完成全部加工，等待机械手将这个零件取走。注意，四工位旋转工作台控制二、三、四工位的加工，也要有 3 种工作模式，即工位上有零件时才加工，没有零件就不加工。

第 5 单元：机械手将旋转工作台的零件卸料后，通过卸料传送带将零件传送到吊篮，吊篮上有一个计数器对进入吊篮的零件进行计数。满设定值后吊篮起吊，进行三个槽的化学处理过程。吊篮上升到顶后，向前移动到一号槽（去除表面油污）下降，在一号槽停留设定时间后，吊篮再次上升然后向前移动到二号槽（化学处理）下降，在二号槽停留设定时间后，吊篮再次上升然后再向前移动到三号槽（清洗干燥）下降，停留设定时间后，吊篮再次上升到中间位置停留设定时间，再升到顶后向前移动到卸料工位下降，吊篮倾翻，将零件倒入振动盘。

第 6 单元：零件在振动盘中排队到出口，出口处的光电传感器判别到有排列整齐的零件，立刻启动两轴自动装箱机到出口处夹住零件，将零件放入箱中的指定位置，自动装箱机不断的将出口处的零件依次放入箱子的各个部位，直到该箱子放满，再执行盖箱盖，换新箱子后，再进行装箱。

上述设备组成一条生产流水线，每个单元由一个学生设计、编程。但是，并不是每个学生编写了自己单元的控制程序，整个生产流水线就能够正常工作了，这里还有一个流水线的生产节拍问题，流水线如果采用链式控制，每个学生都需要编写和前后单元相关的程序。如果整个生产线采用集中分散控制方式，则需要一个总体设计，从而控制系统，协调生产节拍。这样可以产生另外两个设计项目，如下所述。

(1) 生产线的总体设计和控制，通过工业控制网络或 I/O 口与其他 PLC 交换信息。

(2) 人机界面，可以对整个生产线进行监控。设计方案分为整条生产流水线和每台设备单独的监控界面。

4. 设计要求

课程设计主要培养学生分析问题、解决问题的综合能力，通过课程设计，使学生对书本知识进一步深化为实践知识，以便今后在工作岗位能够担当起工业自动化控制系统的设计工作。

首先由指导教师介绍课程设计的题目和基本要求，然后进行分组，如果是要求完成整条生产流水线的程序设计，可以由 6~8 名学生组成一个设计小组，建议 6 人一组。也可以采用

取消流水线中的几台设备，组成较小的设计小组。

在设计小组中，要推荐一名组长，以负责协调流水线中相关设备的工作节拍等问题。每个人的设计课题必须独立完成，结合人机界面课程，每个学生可以设计自己设计课题的人机界面作为补充。在完成本人 PLC 控制程序的基础上，补充的人机界面设计可以对课程成绩进行加分。

5. 实施方案

要实现课程设计要求，必须注意以下几个方面的配合，才能实现预期目标。

(1) 明确课程设计题目的要求。指导教师应帮助学生真正理解课程设计要求，提供解决问题的基本方法。

(2) 课程设计的时间安排。课程设计尽管是开设一学期，但要求学生集中时间，争取在 8~10 周的时间内完成。

1~2 周的时间用于每个组设计方案的讨论和对每个人设计要求的理解，提出自己设计的思路；2~3 周时间进行基本程序的设计，在此期间注意和同组同学的协调；2~3 周时间进行程序调试和修改；1~2 周时间进一步完善程序和调试；1 周时间完成课程设计报告。

在课程设计期间，每人应保证每周 8 个学时以上用于课程设计，指导教师应负责督促和检查。

(3) 实验设备的保证。在程序调试阶段，实验室要保证提供 PLC 实验设备供学生使用，具体的使用时间，应统一安排，错开使用时间，保证每个人一台实验装置进行调试。

6. 课程考核

课程设计的程序调试完成后，应将结果演示给指导教师看，指导教师确认后，学生完成课程设计报告交给指导教师。

指导教师根据该学生的程序演示效果和课程设计报告进行评分。评分标准如下所述。

(1) 能够独立完成本单元 PLC 控制程序的设计和调试，满足加工所要求的基本工艺过程，通过课程设计的环节，可以获得成绩。

基本工艺过程的要求是指完成本单元加工零件过程的各种工步（动作）要求，详见每个工作单元（设备）的具体设计要求。

(2) 在完成工艺要求的程序设计和调试的基础上，如果能够进一步完成相应的设备维修、调整时的手动程序，可以获得课程设计的良好成绩。

(3) 在完成工艺要求的程序设计和调试的基础上，如果能够结合实际，例如机械上的某些特点，提出合理化建议并编程实现，可以获得课程设计的优秀成绩。

对课程设计中能够提出合理化建议或者能够超工作量完成课程设计的，即在完成本单元设计后再完成其他单元或完善设计的学生，应给予表扬并适当加分。例如，完成人机界面设计的学生，可以考虑加分，以鼓励学生多学、学好。

知识链接 2 可编程控制器课程设计选题

1. 基本原则

在学习了 PLC 基本指令、PLC 功能指令和工业控制的人机界面这些课程后，PLC 课程设计提供了一个实际应用和实践的平台。因此，要求每个学生都要认真参加，保证每周的课程设计的课时时间，将课程设计作为一个真实的工程来完成。

课程设计一般以 6~8 名学生为一组，设计一条生产流水线的 PLC 控制程序，在一个组内，同学之间要相互配合，根据分工，独立完成自己的设计任务。

每个学生不仅要完成分工的控制程序的编写，而且要将控制程序在 PLC 实验装置上调试成功，才能通过课程设计的考核，取得学分。

2. 设计任务

PLC 课程设计以一条生产流水线为样本进行 PLC 控制程序的设计，生产线加工一种套筒类零件，要求完成端面加工、外圆加工、钻孔、镗孔、倒角、电镀、装箱等工艺过程。这些加工过程按照工艺要求，分配在几台专用组合机床上进行加工以及传送，按照生产线的前后次序分为 6 个单元，分别采用 PLC 进行控制。课程设计中，这 6 个加工单元由 6 名同学分别进行程序设计。另外，整体协调和人机界面这两个单元，根据需要增加。

任务 2 长度判别和端面加工单元

如图 12.1 所示，毛坯零件在传送带上运输时，由一个长度检测和分类的辅助设备进行检测，检测方法一可以采用三个光电开关；检测方法二可以采用光电编码器；检测方法三可以采用激光长度测量仪。

正常规格的毛坯零件可以通过长度测量仪传送到端面铣加工设备；超长的零件也可以通过，但先要锯短，再进行端面铣，即需要进行二次加工；而短的毛坯零件则被长度测量仪的挡板剔除报废。

可以加工的毛坯零件到达端面铣加工设备后，首先经过定位、夹紧，然后进行端面铣加工，完成后松开夹紧，输送到传送带上进入下一个工位。

超长零件，经过定位、夹紧后，再进行上述加工，然后进入下一工位。

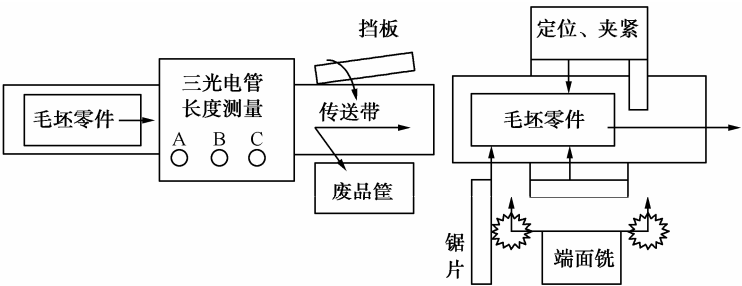


图 12.1 长度判别和端面加工单元

长度判别的步骤：第一，毛坯零件离开 A；第二，B、C 长度判别；第三，若短料，挡板转 1s；第四，挡板返回；第五，超长零件进行记录。其中，传送带正常情况下保持转动。

端面加工的步骤：第一，毛坯零件进入端面加工定位块；第二，夹紧；第三，超长零件锯片进；第四，锯片退；第五，端面铣刀进；第六，端面铣刀退；第七，夹紧松开；第八，零件出；第九，定位居中。

按 PLC 实验装置上编程端口的分配，上述工艺过程执行的情况是：启动（X6）→传送带转（Y16）→检测到 A=1 时，B=1、C=0，正常的毛坯零件，通过；检测到 A=1 时，B=1、C=1，超长零件，设超长标志=1，通过；检测到 A=1 时，B=0、C=0，短的毛坯零件，挡板转（Y4），毛坯掉入废品筐，1s 后挡板返回。零件通过传送带送入端面铣的定位块（X7）→夹紧

(Y11) → (X11) →若超长零件锯片进 (Y12) → (X12) →锯片退 (Y13) → (X22) →端面铣刀进 (Y14) → (X14) →铣刀退 (Y15) → (X15) →夹紧松开 (Y10) → (X10) →零件出 (Y17), 1s 后停→定位块居中 (Y11) → (X20) →完成一个零件的加工。

如果检测方法不采用三个光电开关；可以采用光电编码器或激光长度测量仪。光电编码器的检测方法是零件带动编码器的轮子旋转，高速计数器通过计算脉冲数，算出零件长度，判别工作方案；激光长度测量仪直接通过 A/D 口读入零件的长度数值进行判别。课程设计中，三种方案供三个组进行选择，如图 12.2 所示。

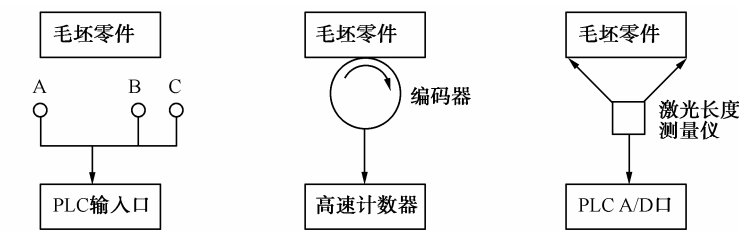


图 12.2 检测方法的三种方案

任务 3 翻转和外圆加工单元

如图 12.3 所示，完成端面加工的零件输送到一个三工位设备的上料工位，该设备的上料工位具有翻转功能，将零件翻转后堆放在通道中，当有加工信号时，释放一个零件到待加工工位（一工位）。

待加工工位的零件由送料器送到加工工位（二工位），若加工工位上原来有零件，送料器同时将该零件送到卸料工位（三工位）。零件达到加工工位后，首先定位夹紧，然后加工机构进行外圆加工，完成加工后，加工机构退回，放松夹紧，等待送料器将该零件送到卸料工位，同时送料器再送入下一个新零件。

零件到达卸料工位后，卸料推杆将该零件推入传送带，卸料推杆同时具有去毛刺的功能。

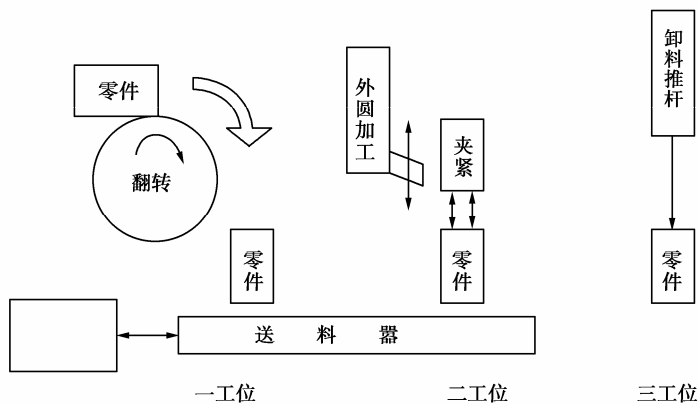


图 12.3 翻转和外圆加工单元

外圆加工的步骤：第一，零件进入上料工位后，翻转机构翻转 90°；第二，有加工信号，送料器将该零件送到下一个工位（二工位）；第三，将二工位的零件夹紧；第四，外圆加工机构进行加工，同时送料器退回；第五，加工机构退回；第六，夹紧松；第七，送料器将该零件送到三工位；第八，卸料推杆将该零件推入传送带；第九，卸料推杆退回。

按 PLC 实验装置上编程端口分配，上述工艺过程执行的情况是：启动（X6）→传送带转（Y16）→检测到零件到达信号时（X7）→翻转机构转 90°（Y6）→（X24 或 X25 或 X26 或 X27）→若加工和卸料已完成（X12 和 X14）→送料器将零件送到下一工位（一工位到二工位，二工位到三工位）（Y11）→（X11）→二工位的零件夹紧（Y17）→加工机构进行外圆加工（Y14）→（X14）→零件夹紧后同时送料器退回（Y10）→（X10）→加工机构退回（Y15）→（X15）→放松夹紧（Y17=0）→等待 1s→送料器将该零件送到卸料工位（Y11）→（X11）→卸料推杆将零件推入传送带（Y12）→（X12）→卸料推杆退还（Y13）→（X22）→完成一个零件的加工。

注意，在本单元的控制程序设计中，可能存在送料器、加工机构、卸料推杆同时工作的可能。要求这些机构的工作实行有料才运行的模式。

任务 4 加料机械手单元

如图 12.4 所示，机械手的旋转底座具有三个方向，分别是上料、加工、下料，每个方向相差 90°。根据旋转工作台的工艺要求，机械手的工作方式有启动阶段、工作阶段、结束阶段三种模式，分别完成装零件、取零件后再装入和取零件的工作过程。**错误！**

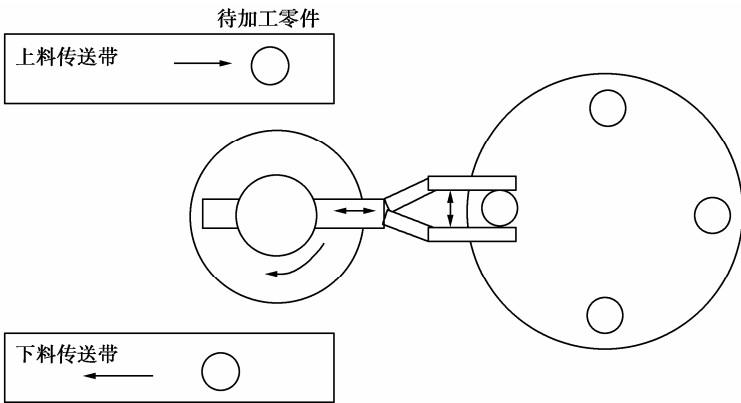


图 12.4 加料机械手单元

以典型的加工阶段为例，机械手的工作过程如下所述。上料传送带上检测到有零件后，若旋转工作台发出加工完成信号，机械手定位在加工工位。

- （1）旋转到加工工位，机械手伸出，手臂下降，夹紧已加工的零件，手臂上升，机械手缩回。
- （2）旋转到下料工位，机械手伸出，手臂下降，放松已加工的零件，手臂上升，机械手缩回。
- （3）旋转到上料工位，机械手伸出，手臂下降，夹紧未加工的零件，手臂上升，机械手缩回。

缩回。

(4) 旋转到加工工位，机械手伸出，手臂下降，放松未加工的零件，手臂上升，机械手缩回。

若在启动工作阶段，对开始的 1~4 个零件，只有装料要求，机械手定位在上料工位。

(1) 旋转到上料工位，机械手伸出，手臂下降，夹紧未加工的零件，手臂上升，机械手缩回。

(2) 旋转到加工工位，机械手伸出，手臂下降，放松未加工的零件，手臂上升，机械手缩回。

若在结束工作阶段，对最后的 4 个零件，只有卸料要求，机械手定位在加工工位。

(1) 旋转到加工工位，机械手伸出，手臂下降，夹紧已加工的零件，手臂上升，机械手缩回。

(2) 旋转到下料工位，机械手伸出，手臂下降，放松已加工的零件，手臂上升，机械手缩回。

机械手的控制方案一是全部采用行程开关，该方案的特点是简单，但控制精度不高。以启动工作阶段为例，按 PLC 实验装置上编程端口分配：启动 (X6) → 旋转到上料工位 (Y7) → (X24) → 机械手伸出 (Y13) → (X13) → 手臂下降 (Y15) → (X15) → 夹紧未加工的零件 (Y11) → (X11) → 手臂上升 (Y14) → (X14) → 机械手缩回 (Y12) → (X22) → 旋转到加工工位 (Y6) → (X25) → 机械手伸出 (Y13) → (X13) → 手臂下降 (Y15) → (X15) → 放松未加工的零件 (Y10) → (X10) → 手臂上升 (Y14) → (X14) → 机械手缩回 (Y12) → (X22) → 完成一次零件安装。

机械手的控制方案二是手臂的三个自由度的行程控制采用高速计数器，每个自由度上设一个零位行程开关，以消除积累误差。该方案的特点是控制精度高。同样以启动工作阶段为例，按 PLC 实验装置上编程端口分配：启动 (X6) → 旋转到上料工位 (Y7) → 到达零位 (X24) → 机械手伸出 (Y13) → 高速计数器 C238 计数 (X3) → 手臂下降 (Y15) → 高速计数器 C239 计数 (X4) → 夹紧未加工的零件 (Y11) → (X11) → 手臂上升 (Y14) → (X14) → 机械手缩回 (Y12) → (X22) → 旋转到加工工位 (Y6) → 高速计数器 C251 计数 (X0+X1) → 机械手伸出 (Y13) → 高速计数器 C238 计数 (X3) → 手臂下降 (Y15) → 高速计数器 C239 计数 (X4) → 放松未加工零件 (Y10) → (X10) → 手臂上升 (Y14) → (X14) → 机械手缩回 (Y12) → (X22) → 完成一次零件安装。

在控制方案二中还有几种选择，例如旋转自由度的零位选择在中间加工位置，则可以将高速计数器 C251 改为 C235 的 X0 或 X1，这样程序可以简化。同样也将机械手的伸出、缩回和上升、下降全部改为高速计数器控制，这样需要多点定位时，更加方便。

任务 5 钻孔、镗孔、倒角单元

如图 12.5 所示，钻孔、镗孔、倒角工艺由四工位旋转工作台完成，工作台的四个工位分别完成零件的安装、钻孔、镗孔、倒角的工艺过程。

四工位旋转工作台的工作步骤：机械手将零件装到四工位旋转工作台的装卸料工位（一工位）后，等机械手离开后，开始加工。

(1) 旋转工作台将零件夹紧，顺时针转动 90°，将零件送到钻孔工位（二工位）进行加

工，钻头先快速进给接近零件，转为工作进给完成钻孔加工，然后快速退回。

(2) 等待机械手将下一个零件装到工作台的装卸料工位后，旋转工作台再转动 90° 将该零件送到镗孔工位（三工位）进行加工，同时钻孔工位也对下一个零件进行加工，镗刀进退往返两次，完成加工。

(3) 等一、二、三工位都完成后，旋转工作台再转动 90°，将第一个零件送到倒角工位（四工位）进行加工，倒角工艺进给后要停留 2s 才返回。

(4) 四个工位都完成后，旋转工作台再转动 90°，将这个零件再送到装卸料工位（一工位），放松夹紧，完成全部加工，等待机械手将这个零件取走。

注意：四工位旋转工作台控制二、三、四工位的加工，也要有三种工作模式，即工位上有零件时才加工，没有零件就不加工。

工作台的控制方案也有采用行程开关和高速计数器控制两种，若以行程开关控制为例，按 PLC 实验装置上编程端口分配：启动（X6）→零件夹紧（Y16）→工作台旋转（Y6）→（X25）→快速进给（Y12）→（X21）→钻孔（Y12+Y3）→（X12）→快速退回（Y13）→（X13）→完成钻孔，等待→工作台旋转（Y6）→（X26）→一次镗孔进（Y14）→（X14）→镗孔退（Y15）→（X17）→两次镗孔进（Y14）→（X14）→镗孔退（Y15）→（X17）→完成镗孔，等待→工作台旋转（Y6）→（X27）→倒角（Y11）→（X11）→等 2s→倒角退（Y10）→（X10）→完成倒角，等待→工作台旋转（Y6）→（X24）→完成。

若以高速计数器控制为例，可以是全部都采用高速计数器，也可以部分采用高速计数器等多种方案，在课程设计中，不同方案可供各个项目组进行选择。

注意设计要求：第一个零件钻孔时，不能同时进行镗孔和倒角；第二个零件钻孔时，不能同时倒角；最后第二个零件镗孔时，不能同时进行钻孔；最后一个零件倒角时，不能同时进行镗孔和钻孔。

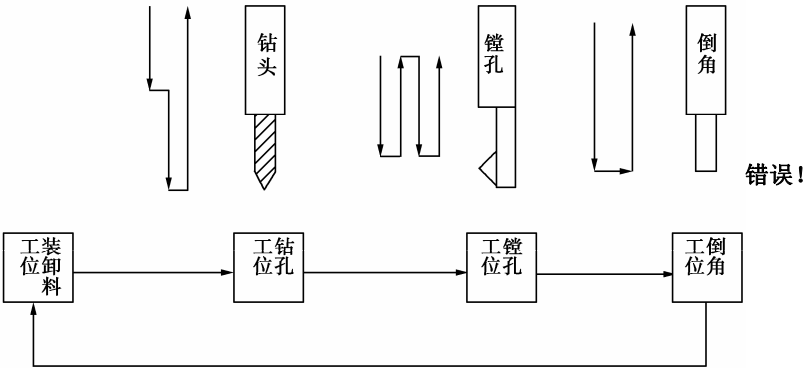


图 12.5 四工位旋转工作台展开图

任务 6 表面清洗、化学处理单元

如图 12.6 所示，表面清洗和化学处理过程是一组液体电化处理槽，根据工艺要求，零件放在吊篮中，依次进入不同的槽中，根据槽内部温度和液体浓度，停留一定的时间，完成零件的表面清洗、化学处理过程。

一般的表面清洗、化学处理工作步骤是：传送带将零件输送到吊篮内，吊篮上有一个计数器对进入吊篮的零件进行计数。零件放满到设定值后吊篮起吊，开始进行三个槽的化学处理过程。首先吊篮上升到顶后，向前移动到一号槽（去除表面油污），吊篮下降，在一号槽内停留到设定时间后，吊篮再次上升，然后向前移动到二号槽（化学处理）下降，在二号槽停留设定时间后，吊篮再次上升，然后向前移动到三号槽（其他处理）下降，停留设定时间后，吊篮再次上升到中间位置，停留设定时间，再次上升到顶后向前移动到卸料工位下降，吊篮倾翻，将零件倒入振动筛。

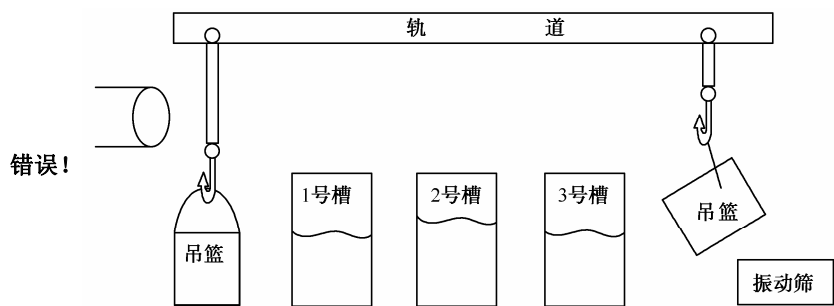


图 12.6 表面清洗、化学处理单元

特殊的工艺过程，可以根据需要，控制吊篮进行跳槽或返回、重复的过程，这些要求可以延伸出其他工艺方案，供各个课程设计项目组选择。

例如，方案一要求有一个工艺数量选择开关，可任意选择：单 1 槽、单 2 槽、单 3 槽、1+2 槽、1+3 槽、2+3 槽、1+2+3 槽七种工艺。

方案二则要求有一个工艺次序选择开关，可任意选择：1→2→3 槽、1→3→2 槽、2→1→3 槽、2→3→1 槽、3→2→1 槽、3→1→2 槽六种工艺。

其他方案还有在槽中安装温度和浓度传感器，通过 A/D 模块传入 PLC，根据不同工艺的不同算法，求出在槽中的停留时间等。

以一般表面清洗、化学处理工艺为例，按 PLC 实验装置上编程端口分配：启动（X6）→计数（X0）→计数器到设定值→吊篮起吊（Y14）→（X14）→移动到一号槽（Y13）→（X21）→吊篮下降（Y15）→（X15）→在一号槽内停留设定时间→吊篮再次上升（Y14）→（X14）→向前移动到二号槽（Y13）→（X22）→吊篮下降（Y15）→（X15）→在二号槽停留设定时间→吊篮再次上升（Y14）→（X14）→向前移动到三号槽（Y13）→（X23）→吊篮下降（Y15）→（X15）→在三号槽停留设定时间→吊篮再次上升到中间位置（Y14）→（X16）→停留设定时间→吊篮上升到顶（Y14）→（X14）→向前移动到卸料工位（Y13）→（X13）→吊篮下降（Y15）→（X17）→吊篮倾翻（Y11）→（X11）→零件倒入振动筛→停留设定时间→吊篮回正（Y10）→（X10）→吊篮上升到顶（Y14）→（X14）→向后移动到装料工位（Y12）→（X12）→吊篮下降（Y15）→（X15）→重新计数。

任务 7 零件排列、装箱单元

如图 12.7 所示，在振动筛中的零件由于振动筛的振动频率、方向、幅度和零件的共振频率相近，零件翻滚，逐渐排列整齐，并向出口处移动。振动筛的出口处安装光电传感器判别

零件的到来，启动两轴自动装箱机在出口处夹住零件，依次将零件放入箱中的指定位置。箱子装满后，自动盖箱盖，换新箱子，然后再重新进行装箱。

零件排列、装箱的工作步骤是：一般振动筛只要打开电源即可工作，不需要进行其他电气控制。振动筛出口处的光电开关启动自动装箱机的机械手，到出口处夹持已排列整齐的零件，根据预定的装箱数和装箱次序，将零件搬运到装箱的第一个位置，放松，机械手退回。再夹持第二个零件到装箱的第二个位置，放松，机械手退回。如此循环，直到完成一整箱的零件装箱后，自动盖盖，换新箱子，开始新的装箱。

根据不同的要求，可以设计每箱装 2×2 、 2×3 、 3×2 、 3×3 、 2×4 、 4×2 等不同数量的零件。注意对 2×3 和 3×2 尽管每箱的零件数量是相同的，但装箱的次序是不同的，因此控制程序也不同。

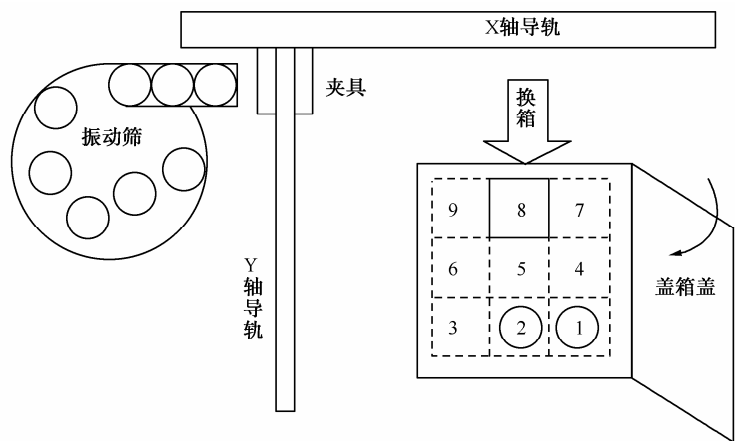


图 12.7 零件排列、装箱单元

设计方案一：X 轴、Y 轴导轨均采用行程开关，优点是程序简单。

设计方案二：X 轴、Y 轴导轨均采用高速计数器控制行程，优点是控制精确。

设计方案三：X 轴导轨采用行程开关，Y 轴导轨采用高速计数器控制行程。

设计方案四：X 轴导轨采用高速计数器，Y 轴导轨采用行程开关控制行程。

方案一以装 2×2 的零件为例，按 PLC 实验装置上编程端口分配：启动 (X6) → 振动筛 (Y16) → Y 轴导轨回零 (Y14) → (X14) → X 轴导轨回零 (Y12) → (X12) → 光电开关检测到零件 1 (X7) → 夹零件 (Y17) → 1s → X 轴导轨到 1 位 (Y13) → (X13) → Y 轴导轨到 1 位 (Y15) → (X15) → 放松零件 (Y17=0) → 1s → Y 轴导轨回零 (Y14) → (X14) → X 轴导轨回零 (Y12) → (X12) → 光电开关检测到零件 2 (X7) → 夹零件 (Y17) → 1s → X 轴导轨到 2 位 (Y13) → (X23) → Y 轴导轨到 1 位 (Y15) → (X15) → 放松零件 (Y17=0) → 1s → Y 轴导轨回零 (Y14) → (X14) → X 轴导轨回零 (Y12) → (X12) → 光电开关检测到零件 3 (X7) → 夹零件 (Y17) → 1s → X 轴导轨到 1 位 (Y13) → (X13) → Y 轴导轨到 2 位 (Y15) → (X17) → 放松零件 (Y17=0) → 1s → Y 轴导轨回零 (Y14) → (X14) → X 轴导轨回零 (Y12) → (X12) → 光电开关检测到零件 4 (X7) → 夹零件 (Y17) → 1s → X 轴导轨到 2 位 (Y13) → (X23) → Y 轴导轨到 2 位 (Y15) → (X17) → 放松零件 (Y17=0) → 1s → Y 轴导轨回零 (Y14) → (X14) → X 轴导轨回零 (Y12) → (X12) → 盖箱盖 (Y7) → (X24) → 旧箱推出 (Y11) → (X11) → 放新箱 (Y10) → (X10) → 完成

一箱。

任务 8 全线节拍控制单元

如图 12.8 所示，生产流水线中，由于各个设备的生产周期不一样，或者个别设备的临时停车等原因，造成传送带上的零件产生积压，使生产不能正常进行。对此情况，要调整流水线的生产节拍，所谓节拍控制就是协调生产线上各个设备的生产进度，使生产流水线的零件流处于畅通的状态，保证设备的高效、正常运行。

节拍控制实际上兼有整条流水线的总体控制，包括故障、维修、调整、改变工艺等其他功能。因此，需要节拍控制单元和流水线上所有设备发生联系，一般生产现场可以采用工业以太网或现场总线，但比较简单的系统也可以采用 I/O 口的对连。课程设计中，采用三菱 PLC 进行控制，可以采用 CC-LINK 现场总线；或者也可以简化为用一定的 I/O 口进行连接。

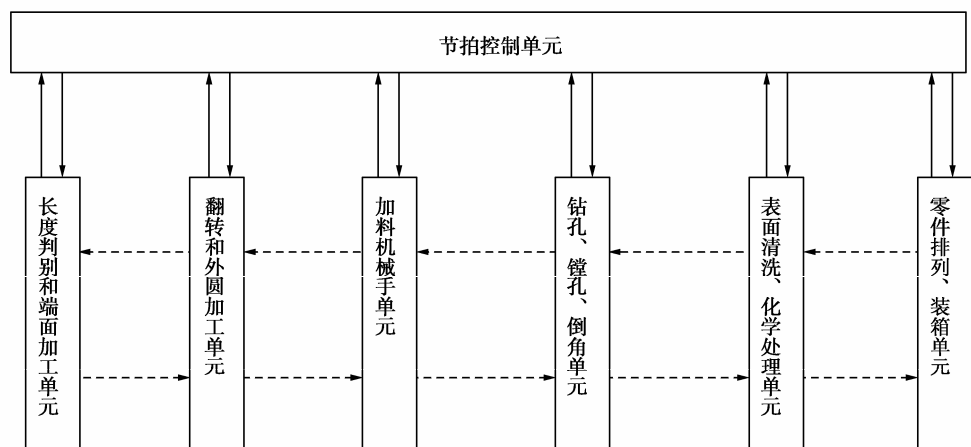


图 12.8 全线节拍控制单元

如果整个控制系统不采用节拍控制单元，则整个系统可以采用虚线表示的前后级直接相连接的方法，但每个单元都必须编写相应的节拍控制程序。

附录 A

FX_{2N} 系列 PLC 应用指令总表

分类	指令 编号 FNC	指令 助记符	指令格式、操作数					指令名称及功能简介					D 命 令	P 命 令			
程 序 流 程	00	CJ	S •					条件跳转： 程序跳转到[S •]P 指针（P0～P127）指定处 P63 为 END 步序，不需指定						0			
	01	CALL	S •					调用子程序： 程序调用[S •]P 指针（P0～P127）指定的子程序，嵌套 5 层 以下						0			
	02	SRET						子程序返回； 从子程序返回主程序									
	03	IRET						中断返回主程序									
	04	EI						中断允许									
	05	DI						中断禁止									
	06	FEND						主程序结束									
	07	WDT						监视定时器； 顺控指令中执行监视定时器刷新						0			
	08	FOR	S •					循环开始；重复执行开始，嵌套 5 层以下									
	09	NEXT						循环结束；重复执行结束									
传 送 和 比 较	010	CMP	S1 •		S2 •		D •		比较；[S1 •]同[S2 •]比较→[D •]					0	0		
	011	ZCP	S1 •		S2 •	S •		D •		区间比较； [S •]同[S1 •]～ [S2 •]比较→[D •]，[D •]占 3 点					0	0	
	012	MOV	S •				D •				传送；[S •]→[D •]					0	0
	013	SMOV	S •	m1	m2		D •	n		移位传送；[S •]第 m1 位开始的 m2 个数位数列到[D •]的第 n 个位置 m1、m2、n=1～4						0	
	014	CML	S •				D •				取反；[S •]取反→[D •]					0	0
	015	BMOV	S •		D •		n				块传送；[S •]→[D •]（n 点→n 点）[S •]包括文件寄存器 n≤512						0
	016	FMOV	S •		D •		n				多点传送；[S •]→[D •]（1 点→n 点）；n≤512					0	0
	017	XCH	D1 •	D2 •				数据交换；[D1 •]↔[D2 •]					0	0			

分 类	指令 编号 FNC	指令 助记符	指令格式、操作数				指令名称及功能简介	D 命 令	P 命 令
传 送 和 比 较	018	BCD	S ·		D ·		求 BCD 码; [S ·]16/32 位二进制数转换成 4/8 位 BCD→[D ·]	0	0
	019	BIN	S ·		D ·		求一进制码; [S ·]4/8 位 BCD 转换成 16/32 位二进制数→[D ·]	0	0
四 则 运 算 和 逻 辑 运 算	020	ADD	S1 ·	S2 ·	D ·		二进制加法: [S1 ·]+[S2 ·]→[D ·]	0	0
	021	SUB	S1 ·	S2 ·	D ·		二进制减法: [S1 ·]-[S2 ·]→[D ·]	0	0
	022	MUL	S1 ·	S2 ·	D ·		二进制乘法: [S1 ·]×[S2 ·]→[D ·]	0	0
	023	DIV	S1 ·	S2 ·	D ·		二进制除法: [S1 ·]÷[S2 ·]→[D ·]	0	0
	024	INC	D ·				二进制加 1: [D1 ·]+1→[D ·]	0	0
	025	DEC	D ·				二进制减 1: [D1 ·]-1→[D ·]	0	0
	026	AND	S1 ·	S2 ·	D ·		逻辑字与: [S1 ·]&[S2 ·] →[D ·]	0	0
	027	OR	S1 ·	S2 ·	D ·		逻辑字或: [S1 ·]+[S2 ·] →[D ·]	0	0
	028	XOR	S1 ·	S2 ·	D ·		逻辑字异或: [S1 ·]⊕ [S2 ·]→[D ·]	0	0
	029	NEC	D ·				求补码: [D ·]按位取反→[D ·]	0	0
循 环 移 位 与 移 位	030	ROR	D ·		n		循环右移; 执行条件成立, [D ·]循环右移 n 位 (高位→低位→高位)	0	0
	031	ROL	D ·		n		循环左移; 执行条件成立, [D ·]循环左移 n 位 (低位→高位→低位)	0	0
	032	RCR	D ·		n		带进位循环右移; [D ·]带进位循环右移 n 位 (高位→低位+进位→高位)	0	0
	033	RCL	D ·		n		带进位循环左移; [D ·]带进位循环左移 n 位 (低位→高位+进位→低位)	0	0
	034	SFTR	S ·	D ·	n1	n2	位右移; n2 位[S ·]右移→n1 位的[D ·], 高位进, 低位溢出		0
	035	SFTL	S ·	D ·	n1	n2	位左移; n2 位[S ·]左移→n1 位的[D ·], 低位进, 高位溢出		0
	036	WSFR	S ·	D ·	n1	n2	字右移; n2 字[S ·]右移→[D ·]开始的 n1 字, 高字进, 低字溢出		0
	037	WSFL	S ·	D ·	n1	n2	字左移; n2 字[S ·]左移→[D ·]开始的 n1 字, 低字进, 高字溢出		0
	038	SFWR	S ·	D ·	n		FIFO 写入; 先进先出控制的数据写入, 2≤n≤512		0
	039	SFRD	S ·	D ·	n		FIFO 读出; 先进先出控制的数据读出, 2≤n≤512		0
数 据 处 理	040	ZRST	D1 ·		D2 ·		成批复位; [D1 ·]~[D2 ·]复位, [D1 ·]<[D2 ·]		0
	041	DECO	S ·	D ·	n		解码; [S ·]的 n (n: 1~8) 位二进制数解码为十进制数 n →[D ·], 使[D ·]的第 n 位为 “1”		0
	042	ENCO	S ·	D ·	n		编码; [S ·]的 2 ⁿ (n=8~1) 位中的最高 “1” 位代表的位数 (十进制数) 编码为二进制数后→[D ·]		0

分类	指令编号 FNC	指令助记符	指令格式、操作数				指令名称及功能简介	D命令	P命令
数据处理	043	SUM	S •	D •	n		求置 ON 位的总和；[S •]中“1”的数目存入[D •]	0	0
	044	BON	S •	D •	n		ON 位判断；[S •]中第 n 位为 ON 时，[D •]为 ON (n=0~15)	0	0
	045	MEAN	S •	D •	n		平均值；[S •]中 n 点平均值→[D •] (n=1~64)		0
	046	ANS	S •	D •	n		标志置位；若执行条件为 ON，[S •]中定时器定时 m ms 后，标志位[D •]置位。[D •]为 S900~S999		0
	047	ANR					标志复位；被置位的定时器复位		0
	048	SOR	S •	D •		二进制平方根；[S •]平方根→[D •]	0	0	
	049	FLT	S •	D •		二进制整数与二进制浮点数转换；[S •]内二进制整数→[D •]二进制浮点数	0	0	
高速处理	050	REF	D •	n		输入输出刷新；指令执行，[D •]立即刷新。[D •]为 X000、X010、…、Y000、Y010、…，n 为 8、16、…、256		0	
	051	REFF	n				滤波调整；输入滤波时间调整为 n ms，刷新 X0~X17，n=0~60		0
	052	MTR	S •	D1 •	D2 •	n	矩阵输入（使用一次）；n 列 8 点数据以[D1 •]输出的选通信号分时将[S •] 数据读入[D2 •]		
	053	HSCS	S1 •	S2 •	D •		比较置位（高速计数）；[S1 •]=[S2 •]时，[D •]置位。中断输出到 Y，[S2 •]为 C235~C255	0	
	054	HSCR	S1 •	S2 •	D •		比较复位（高速计数）；[S1 •]=[S2 •]时，[D •]复位，中断输出到 Y，[D •]为 C 时，自复位	0	
	055	HSZ	S1 •	S2 •	S •	D •	区间比较（高速计数）； [S •]与[S1 •]~[S2 •]比较，结果驱动[D •]	0	
	056	SPD	S1 •	S2 •	D •		脉冲密度；在[S2 •]时间（ms）内，将[S1 •]输入的脉冲存入[D •]		
	057	PLSY	S1 •	S2 •	D •		脉冲输出（使用一次）；以[S1 •]的频率从[D •]送出[S2 •]个脉冲，[S1 •]：1~1000Hz	0	
	058	PWM	S1 •	S2 •	D •		脉宽调制（使用一次）；输出周期[S2 •]、脉冲宽度[S1 •]的脉冲至[D •]，周期为 1~36767ms，脉宽为 1~36767ms，[D •]仅为 Y0 或 Y1		
	059	PLSR	S1 •	S2 •	S3 •	D •	可调速脉冲输出（使用一次）； [S1 •]最高频率：10~20000（Hz）；[S2 •]总输出脉冲数；[S3 •]增减速时间：5000ms 以下；[D •]：输出脉冲，仅为指定 Y0 或 Y1	0	
便利指令	060	IST	S •	D1 •	D2 •		状态初始化（使用一次）；自动控制步进顺控中的状态初始化。[S •]为运行模式的初始输入；[D1 •]为自动模式中的实用状态的最小号码；[D2 •]为自动模式中的实用状态的最大号码		

分 类	指令 编号 FNC	指令 助记 符	指令格式、操作数				指令名称及功能简介	D 命 令	P 命 令	
便 利 指 令	061	SER	S1 •	S2 •	D •	<i>n</i>	查找数据；检索以[S1 •]为起始的 <i>n</i> 个与[S2 •]相同的数据，并将其个数存于[D •]	0	0	
	062	ABSD	S1 •	S2 •	D •	<i>n</i>	绝对值式凸轮控制（使用一次）；对应[S2 •]计数器的当前值，输出[D •]开始的 <i>n</i> 点由[S1 •]内数据决定的输出波形			
	063	INCD	S1 •	S2 •	D •	<i>n</i>	增量式凸轮顺控（使用一次）；对应[S2 •]的计数器当前值，输出[D •]开始的 <i>n</i> 点由[S1 •]内数据决定的输出波形。[S2 •]的第二计数器计数复位次数			
	064	TIMR	D •		<i>n</i>		示数定时器；用[D •]开始的第二个数据寄存器测定执行条件ON的时间，乘以 <i>n</i> 指定的倍率存入[D •]， <i>n</i> 为0~2			
	065	STMR	S •	<i>m</i>	D •		特殊定时器； <i>m</i> 指定的值转成[S •]指定的定时器的设定值，[D •]开始的为延时断开定时器，其次的为输入 ON→OFF 后的脉冲定时器，再次的是输入 OFF→ON 后的脉冲定时器，最后的是与前次状态相反的脉冲定时器			
	066	ALT	D •				交替输出；每次执行条件由 OFF→ON 变化时，[D •]由 OFF→ON、ON→OFF、OFF→ON…交替输出		0	
	067	RAMP	S1 •	S2 •	D •	<i>n</i>	斜坡信号；[D •]的内容从[S1 •]的值到[S2 •]的值慢慢变化，其变化时间为 <i>n</i> 个扫描周期。 <i>n</i> =1~32767			
	068	ROTC	S •	<i>m1</i>	<i>m2</i>	D •	旋转工作台控制（使用一次）；[S •]开始指定的为工作台位置检测计数器寄存器，其次指定的为取出位置号寄存器，再次指定的为要取工件号寄存器， <i>m1</i> 为分度区数， <i>m2</i> 为低速运行行程，完成上述设定，指令就自动在[D •]指定输出控制信号			
外 部 机 器 I/O	069	SORT	S •	<i>m1</i>	<i>m2</i>	D •	<i>n</i>	列表数据排序（使用一次）；[S •]为排序表的首地址， <i>m1</i> 为行号， <i>m2</i> 为列号，指令将以 <i>n</i> 指定的列号，将数据从小开始进行整理排列，结果存入以[D •]指定为首地址的目标元件中，形成新的排序表。 <i>m1</i> =1~32， <i>m2</i> =1~6， <i>n</i> =1~ <i>m2</i>		
	070	TKY	S •	D1 •		D2 •		十键输入（使用一次）；外部十键键号依次为 0~9，连接于[S •]，每按一次键，其键号依次存入[D1 •]，[D2 •]指定的位元件依次为 ON	0	

分类	指令 编号 FNC	指令 助记符	指令格式、操作数				指令名称及功能简介	D 命 令	P 命 令
外部 机器 I/O	071	HKY	S •	D1 •	D2 •	D3 •	十六键（十六进制）输入（使用一次）； 以[D1 •]为选通信号，顺序将[S •]所按键号存入 [D2 •]， 每次按数字键以二进制存入，上限为 9999，超出此值溢 出；按 A~F 键，[D3 •]指定位元件依次为 ON	0	
	072	DSW	S •	D1 •	D2 •	n	数字开关（使用两次）；四位一组（n=1）或四位 二组（n=2），BCD 数字开关由[S •]输入，以[D1 •] 为选通信号，顺序将[S •]所输入数字送到[D2 •]		
	073	SEGO	S •		D •		七段码译码；将[S •]低四位指定的 0~F 的数据译成 七段码显示的数据格式存入[D •]，[D •]高 8 位不变		0
	074	SEGL	S •	D •		n	带锁存七段码显示（使用两次）；四位一组（n=0~ 3）或四位二组（n=4~7）七段码，由[D+]的第 2 四 位为选通信号，顺序显示由[S •]经[D •]的第 1 四位或 [D •]的第 3 四位输出的值		
	075	ARWS	S •	D1 •	D2 •	n	方向开关（使用一次）；[S •]指定位移位与各位数值 增减用的箭头开关，[D1 •]数值经[D •]的第 1 四位由[D2 •] 的第 2 四位为选通信号，顺序显示。按位移位开关，顺 序选择所要显示位；按位数值增减开关，[D1 •]数值由 0~ 9 或 9~0 变化。n 为 0~3，选择选通位		
	076	ASC	S •		D •		ASC 码转换；[S •]是由微机输入的 8 个字节以下的字 母数字。指令执行后，将[S •]转换为 ASC 码后送到[D •]		
	077	PR	S •		D •		ASC 码打印（使用两次）；将[S •]的 ASC 码→[D •]		
	078	FROM	m1	m2	D •	n	BFM 读出； 将特殊单元缓冲存储器（BFM）的 n 点数据读到[D •]， m1=0~7，特殊单元特殊模块 No；m2=0~32767，缓冲 存储器（BFM）号码；n=0~32767，传送点数	0	0
	079	TO	m1	m2	S •	n	写入 BFM；可将编程控制器[S •]的 n 点数据写入特 殊单元缓冲存储器（BFM）， m1=0~7，特殊单元特殊模块 No； m2=0~32767，缓冲存储器（BFM）号码； n=0~32767，传送点数	0	0
外部 机器 SER	080	RS	S •	m	D •	n	串行通信传送；使用功能扩展板进行发送接收串行 数据；发送[S •]m 点数据至[D •]n 点数据；m、n：0~ 256		
	081	PRUN	S •		D •		八进制位传送；[S •]转换为八进制，送到 [D •]	0	0

分 类	指令编 号 FNC	指令 助记符	指令格式、操作数				指令名称及功能简介		D 命 令	P 命 令	
外 部 机 器 S E R	082	ASCI	S ·	D ·	n		HEX→ASCII 变换; 将[S ·]内 HEX (十六进制) 数据的各位转换成 ASCII 码向[D ·]的高低各 8 位传送。传送的字符数由 n 指定。n=1~256			0	
	083	HEX	S ·	D ·	n		ASCII→HEX 变换; 将[S ·]内高低各 8 位的 ASCII 字符码转换成 HEX 数据, 每 4 位向[D ·]传送。传送的字符数由 n 指定。n=1~256			0	
	084	CCD	S ·	D ·	n		校验码; 用于通信数据的校验。以[S ·]指定的元件为起始的 n 点数据, 将其高低各 8 位数据的总和校验检查[D ·]与[D ·]+1 的元件			0	
	085	VRRD	S ·		D ·		模拟量输入; 将[S ·]指定的模拟量设定模板的开关模拟值 0~255 转换为 BIN8 位传送到[D ·]			0	
	086	VRSC	S ·		D ·		模拟量开关设定; [S ·]指定的开关刻度 0~10 转换为 BIN8 位传送到[D ·]。[S ·]: 开关号码 0~7			0	
	087										
	088	PID	S1 ·	S2 ·	S3 ·	D ·	PID 回路运算; 在[S1 ·]设定目标值; 在[S2 ·]设定测定现在值; 在[S3 ·]~[S3 ·]+6 设定控制参数值; 执行程序时, 运算结果被存入[D ·]。[S3 ·]: D0~D975				
	089										
浮 点 运 算	110	ECMP	S1 ·	S2 ·		D ·		二进制浮点比较; [S1 ·] 同[S2 ·]比较→[D ·]。[D ·]占 3 点			
	111	EZCP	S1 ·	S2 ·	S ·	D ·	二进制浮点区间比较; [S ·]同[S1 ·]~[S2 ·]比较→[D ·]。[D ·]占 3 点, [S1 ·]<[S2 ·]		0	0	
	118	EBCD	S ·		D ·		二进制浮点转换十进制浮点; [S ·]转换为十进制浮点到[D ·]		0	0	
	119	EBIN	S ·		D ·		十进制浮点转换二进制浮点; [S ·]转换为二进制浮点到[D ·]		0	0	
	120	EADD	S1 ·	S2 ·		D ·		二进制浮点加法; [S1 ·]+[S2 ·]→[D ·]		0	0
	121	ESUB	S1 ·	S2 ·		D ·		二进制浮点减法; [S1 ·]-[S2 ·]→[D ·]		0	0
	122	EMUL	S1 ·	S2 ·		D ·		二进制浮点乘法; [S1 ·]× [S2 ·]→[D ·]		0	0
	123	EDIV	S1 ·	S2 ·		D ·		二进制浮点除法; [S1 ·]÷[S2 ·]→[D ·]		0	0
	127	ESOR	S ·		D ·		开方; [S ·]开方→[D ·]		0	0	
	129	INT	S ·		D ·		二进制浮点→BIN 整数转换; [S ·]→[D ·]		0	0	
	130	SIN	S ·		D ·		浮点 SIN 运算; [S ·]角度的正弦→[D ·]。0° ≤ 角度<360°		0	0	

分类	指令编号 FNC	指令助记符	指令格式、操作数					指令名称及功能简介		D 命令	P 命令
浮点运算	131	COS	S •			D •			浮点 COS 运算； [S •]角度的余弦→[D •]。 0° ≤角度<360°	0	0
	132	TAN	S •			D •			浮点 TAN 运算； [S •]角度的正切→[D •]。 0° ≤角度<360°	0	0
数据处理 2	147	SWAP	S •					高低位变换； 16 位时，低 8 位与高 8 位交换； 32 位时，各个低 8 位与高 8 位交换		0	0
时钟运算	160	TCMP	S1 •	S2 •	S3 •	S •	D •	时钟数据比较；指定时刻[S •]与时钟数据[S1 •] 时[S2 •]分 [S3 •]秒比较，比较结果在[D •]显示， [D •]占有 3 点			0
	161	TZCP	S1 •	S2 •	S3 •	D •		时钟数据区域比较；指定时刻[S •]与时钟数据区域[S1 •]~[S2 •]比较，比较结果在[D •]显示。[D •] 占有 3 点 ， [S1 •]≤[S2 •]			0
	162	TADD	S1 •	S2 •	D •		时钟数据加法；以[S2 •]起始的 3 点时刻数据加上存入以[S1 •]起始的 3 点时刻数据，其结果存入以[D •]起始的 3 点中			0	
	163	TSUB	S1 •	S2 •	D •		时钟数据减法；以[S1 •]起始的 3 点时刻数据减去存入以[S2 •]起始的 3 点时刻数据，其结果存入以[D •]起始的 3 点中			0	
	166	TRD	D •					时钟数据读出；将内藏的实时计数器的数据在 [D •]占有的 7 点读出			0
	167	TWR	S •					时钟数据写入；将[S •]占有的 7 点数据写入内藏的 的实时计数器			0
格雷码转换	170	GRY	S •			D •			格雷码变换；将[S •]二进制值转换为格雷码，存入[D •]	0	0
	171	GBIN	S •			D •			格雷码逆变换；将[S •]格雷码转换为二进制值，存入[D •]	0	0
接点比较	224	LD=	S1 •			S2 •			触点型比较指令；连接母线型接点，当[S1 •]=[S2 •]时接通	0	
	225	LD>	S1 •			S2 •			触点型比较指令；连接母线型接点，当[S1 •]>[S2 •]时接通	0	
	226	LD<	S1 •			S2 •			触点型比较指令；连接母线型接点，当[S1 •]<[S2 •]时接通	0	
	228	LD<>	S1 •			S2 •			触点型比较指令；连接母线型接点，当[S1 •]<>[S2 •]时接通	0	

分类	指令编号 FNC	指令助记符	指令格式、操作数		指令名称及功能简介	D 命令	P 命令
接点比较	229	LD<=	S1 •	S2 •	触点型比较指令；连接母线型接点，当[S1 •]≤[S2 •]时接通	0	
	230	LD>=	S1 •	S2 •	触点型比较指令；连接母线型接点，当[S1 •]≥[S2 •]时接通	0	
	232	AND=	S1 •	S2 •	触点型比较指令；串联型接点，当[S1 •]=[S2 •]时接通	0	
	233	AND>	S1 •	S2 •	触点型比较指令；串联型接点，当[S1 •]>[S2 •]时接通	0	
	234	AND<	S1 •	S2 •	触点型比较指令；串联型接点，当[S1 •]<[S2 •]时接通	0	
	236	AND<>	S1 •	S2 •	触点型比较指令；串联型接点，当[S1 •]<>[S2 •]时接通	0	
	237	AND<=	S1 •	S2 •	触点型比较指令；串联型接点。当[S1 •]≤[S2 •]时接通	0	
	238	AND>=	S1 •	S2 •	触点型比较指令；串联型接点，当[S1 •]≥[S2 •]时接通	0	
	240	OR=	S1 •	S2 •	触点型比较指令；并联型接点，当[S1 •]=[S2 •]时接通	0	
	241	OR>	S1 •	S2 •	触点型比较指令；并联型接点，当[S1 •]>[S2 •]时接通	0	
	242	OR<	S1 •	S2 •	触点型比较指令；并联型接点，当[S1 •]<[S2 •]时接通	0	
	244	OR<>	S1 •	S2 •	触点型比较指令；并联型接点，当[S1 •]<>[S2 •]时接通	0	
	245	OR<=	S1 •	S2 •	触点型比较指令；并联型接点，当[S1 •]≤[S2 •]时接通	0	
	246	OR>=	S1 •	S2 •	触点型比较指令；并联型接点，当[S1 •]≥[S2 •]时接通	0	

参 考 文 献

1. 三菱 FX_{2N} 系列微型可编程控制器编程手册.
2. 张万忠. 可编程控制器应用技术. 北京: 化学工业出版社, 2001.
3. 李俊秀, 赵黎明. 可编程控制器应用技术实训指导. 北京: 化学工业出版社, 2001.
4. 瞿彩萍. PLC 应用技术 (三菱). 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2006.
5. 上海职业技术培训教研室, 维修电工 (高级). 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2003.
6. 上海职业技术培训教研室, 维修电工 (中级). 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2003.
7. 李世基. PLC 功能模块实验指导. 上海: 上海电视大学出版社, 2001.